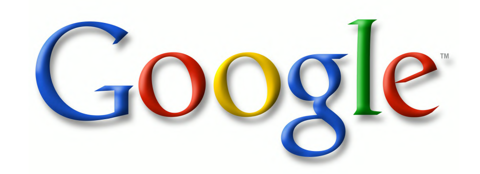
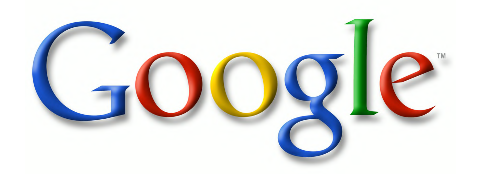














Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

---

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

# LEHRBUCH

DER

# PHYSIK UND METEOROLOGIE.

THEILWEISE NACH

POUILLET'S LEHRBUCH DER PHYSIK

SELBSTÄNDIG BEARBEITET

VON


DR. JOH. MÜLLER,

Grossh. badisch. Hofrath und Ritter des Zähringer Löwenordens, Professor der Physik an der Universität zu Freiburg im Breisgau, der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft Ehrenmitglied und correspondirendes Mitglied mehrer andern gelehrten Gesellschaften.


DRITTER BAND.

## KOSMISCHE PHYSIK.

DRITTE

UMGEARBEITETE UND VERMEHRTE AUFLAGE.

---


BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1 8 7 2.

# LEHRBUCH

DER

# KOSMISCHEN PHYSIK.

VON


DR. JOH. MÜLLER,

Grossh. badisch. Hofrath und Ritter des Zähringer Löwenordens, Professor der Physik an der Universität zu Freiburg im Breisgau, der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft Ehrenmitglied und correspondirendes Mitglied mehrer andern gelehrten Gesellschaften.


DRITTE

UMGEARBEITETE UND VERMEHRTE AUFLAGE.

MIT 385 IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN UND 25 DEM TEXTE BEIGEGEBENEN, SOWIE EINEM ATLAS VON 40 ZUM THEIL IN FARBENDRUCK AUSGEFÜHRTEN TAFELN.


BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1872.



# VORREDE ZUR ERSTEN AUFLAGE.

Wie überhaupt die Naturwissenschaften zu den wichtigsten Factoren der geistigen Entwickelung des Menschengeschlechtes gehören, so ist namentlich das Studium der *kosmischen Erscheinungen* geeignet, allgemeine Bildung zu fördern, geistige Belebung und Veredlung zu vermitteln. Es ist deshalb erfreulich, dass nicht allein der Sinn für einen edleren geistigen Naturgenuss sich mehr und mehr verbreitet, sondern dass auch, trotz so mancher Anfeindungen und Verdächtigungen, welche in neuester Zeit gegen die Naturwissenschaften und gegen den naturwissenschaftlichen Unterricht laut wurden, das Streben, sich von den Gesetzen zu unterrichten, welche die ganze Schöpfung beherrschen, mehr und mehr aus dem engeren Kreise der Fachgelehrten heraustritt, dass man, und zwar mit Recht von den Gebildeten aller Stände eine Bekanntschaft mit den bedeutendsten Resultaten der Naturforschung sowohl als auch mit dem Geiste derselben verlangt.

In Deutschland ist es vorzugsweise *Alexander von Humboldt*, welcher durch seine geistreichen Schriften die allgemeine Aufmerksamkeit auf die kosmischen Erscheinungen gelenkt und den Sinn für deren Studium geweckt und belebt hat; sein „Kosmos" namentlich hat einen ganz neuen Schwung in diesen Zweig unserer Literatur gebracht. — So mannigfaltig aber auch der Gegenstand jenes classischen Werkes behandelt worden ist, so fehlt es doch noch an einem Werke, in welchem *die Physik des Himmels und der Erdkugel in Form eines Lehrbuches systematisch zusammengestellt* ist, an einem Werke, welches ausser der *Astronomie*, für welche es freilich nicht an trefflichen, mehr oder weni-

ger populär gehaltenen Lehrbüchern fehlt, in gleicher Weise auch noch physikalische Geographie und Meteorologie umfasst.

Diese Lücke auszufüllen ist der Zweck des vorliegenden „Lehrbuchs der kosmischen Physik“, welches ich insofern als ein populäres Werk bezeichnen muss, als dasselbe nur elementare Vorkenntnisse voraussetzt, und als alle in demselben vorkommenden mathematischen Entwickelungen nicht über das Bereich der Elementar-Mathematik hinausgehen. Der Standpunkt des Lesers, welcher in demselben vorausgesetzt wird, ist derselbe, welchen ich bei Abfassung meines grösseren Lehrbuches der Physik im Auge hatte, und ich habe hier wie dort im Wesentlichen dieselbe Entwickelungsmethode, dieselbe Darstellungsweise befolgt.

Um den Umfang dieses Buches nicht unnöthig auszudehnen, habe ich die wenigen zum Verständnisse nothwendigen mathematischen und physikalischen Vorkenntnisse nicht in dem Werke selbst entwickelt, wie dies bei den meisten Lehrbüchern der Astronomie gebräuchlich ist, sondern auf die entsprechenden Stellen mathematischer und physikalischer Lehrbücher verwiesen *). Solche Vorkenntnisse bringen wohl die meisten Leser schon aus einem guten Schulunterrichte mit; für den Fall aber, dass denselben das Eine oder das Andere entfallen, dass ihnen die mathematischen Sätze und physikalischen Thatsachen, von welchen gerade Gebrauch gemacht werden soll, nicht mehr in ihrem Zusammenhange gegenwärtig sein sollten, ist es doch wohl besser, sich aus selbstständigen Lehrbüchern der fraglichen Hülfswissenschaften Raths zu erholen, als sich mit nothdürftigen Schaltcapiteln zu behelfen, die ihren Zweck doch nur höchst unvollständig erfüllen.

Wenn das Studium der Disciplinen, welche in dem vorliegenden Werke vorgetragen werden, auch allgemein geistbildend wirken soll, so genügt es nicht, den strebsamen Leser mit den Resultaten der wissenschaftlichen Forschung bekannt zu machen, ihm die Gesetze darzulegen, welche durch den Fleiss und den Scharfsinn der Astronomen und Naturforscher nachgewiesen worden sind; man muss ihm auch den Zusammenhang zwischen der unmittelbaren Anschauung und den Gesetzen zeigen, welche aus den Beobachtungen abgeleitet

*) Die Citate beziehen sich, wo nicht andere Werke namentlich angegeben sind, auf die siebente Auflage meines „Lehrbuchs der Physik und Meteorologie“, Braunschweig 1868, und auf meine „Elemente der ebenen und sphärischen Trigonometrie“, Braunschweig 1859, in welchen der Leser auf wenigen Bogen die Grundzüge dieser wichtigen Disciplinen leicht fasslich entwickelt findet.

worden sind; der Leser muss eine Einsicht in die Art und Weise erlangen, wie die Gesetze entwickelt werden, damit er einen Maassstab habe für die Würdigung derselben, damit er das fest begründete Gesetz unterscheiden lerne von der schwankenden Hypothese, das Nothwendige von dem Willkürlichen, die Thatsache von der Vorstellung; selbst auch populäre Schriften (im besseren Sinne des Wortes) müssen den Leser in den Geist der wahren naturwissenschaftlichen inductiven Methode einführen. Es war mein eifrigstes Streben, bei Abfassung der vorliegenden „kosmischen Physik“ diese Aufgabe nach Kräften zu lösen.

Am schwierigsten ist die elementare Behandlung im astronomischen Theile durchzuführen. Hier nun war ich bemüht, soweit als möglich den Gang der Erscheinungen durch Beispiele zu erläutern, welche entweder von wirklich angestellten Beobachtungen, oder aus astronomischen Jahrbüchern entnommen sind, weil an concreten Beispielen am leichtesten eine lebendige und klare Anschauung gewonnen wird. Da wo allgemeine Entwickelungen die Kräfte der Elementar-Mathematik überschritten haben würden, habe ich, wenigstens für specielle Fälle, durch numerische Berechnungen den Zusammenhang verständlich zu machen gesucht.

Da sich der naturwissenschaftliche Unterricht vor allen Dingen auf Anschauung gründen muss, da namentlich in Werken, welche auch zum Selbstunterrichte dienen sollen, dieser Punkt ganz besonders zu berücksichtigen ist, so habe ich auf die Abbildungen eine ganz besondere Aufmerksamkeit und Mühe verwendet, und die Verlagshandlung hat keine Opfer gescheut, dies Bestreben in jeder Beziehung auf das Kräftigste zu unterstützen, wie schon ein oberflächlicher Anblick der in den Text eingedruckten Holzschnitte sowohl, als auch der zu einem Atlas verbundenen Stahlstiche zeigt. Für schwierig zu zeichnende Apparate habe ich mit Erfolg die Photographie in Anwendung gebracht. — Auf den Karten des Atlasses habe ich möglichst jede Ueberladung auf einem Blatte zu vermeiden gesucht. Weil das Bild des gestirnten Himmels durch Begränzung der Sternbilder und durch Eintragen der Namen gestört wird, so sind in dem Atlas zweierlei Sternkarten gegeben; einmal solche, welche das Bild des gestirnten Himmels möglichst treu wiedergeben, und dann solche, in welchen man die Abtheilung der Sternbilder, die Namen u. s. w. findet. Auf einer besonderen Tafel sind die wahren Bahnen der unteren, auf einer anderen die wahren Bahnen der oberen Planeten gegeben, und den Kometenbahnen sind zwei Tafeln gewidmet, weil die Vereinigung aller Planetenbahnen sammt

den Bahnen der wiederkehrenden Kometen auf einer Tafel alle Uebersichtlichkeit gestört haben würde. Ebenso habe ich lieber die Anzahl der Erdkarten vermehrt und auf jede derselben immer nur ein einziges Curvensystem aufgetragen, damit dasselbe dem Leser auf den ersten Blick klar und verständlich sei, und er nicht nöthig habe, mit Mühe den Verlauf einer Linie in dem Chaos anderer Curven zu verfolgen, wie es unvermeidlich ist, wenn man mehrere Curvensysteme auf derselben Tafel vereinigt.

Die zahlreichen Abbildungen aller Art tragen so sehr zum leichteren Verständniss der vorgetragenen Materien bei, sie erleichtern so sehr das Studium derselben, und sind deshalb auch so sehr im Interesse des Lesers, dass von dieser Seite wohl schwerlich der Vorwurf eines unnöthigen Luxus zu fürchten ist.

Da ein Werk wie das vorliegende nicht allein zur Lectüre, sondern auch zum Nachschlagen dienen soll, so muss man es dem Leser möglichst erleichtern, sich darin zurecht zu finden. Ich habe deshalb dem Buche zwei Register beigegeben, ein systematisches, aus welchem man die Ordnung übersehen kann, in welcher die einzelnen Materien behandelt worden sind, und ein alphabetisches, aus welchem man erfährt, wo man nachzuschlagen hat, um über bestimmte Gegenstände Auskunft zu erhalten.

Ich habe das Buch mit Fleiss und Sorgfalt, mit Lust und Liebe ausgearbeitet. Möge es dazu beitragen, den Naturwissenschaften Freunde zu gewinnen und all das Gute zu fördern, was mit ihrer Cultur und Verbreitung verbunden ist.

Freiburg, im Januar 1856.

**Dr. J. Müller.**

# VORREDE ZUR DRITTEN AUFLAGE.

Selten sind wohl in einem Zweige der Wissenschaft in wenigen Jahren so riesenhafte Fortschritte gemacht worden, wie in einigen der Disciplinen, welche in der kosmischen Physik behandelt werden. Voran steht hier vor allen Dingen die Spectralanalyse in ihrer Anwendung auf die Himmelskörper. Hatte die genaue Beobachtung der Doppelsterne den Beweis geliefert, dass das Gesetz der allgemeinen Schwere nicht allein unser Planetensystem beherrscht, sondern dass es auch in den fernsten Räumen des Weltalls seine volle Geltung hat, so lehrt uns nun die Spectralanalyse der Himmelskörper, dass wir dieselben Stoffe, welche unsere Erde bilden, auch auf der Sonne, den Fixsternen und in den Nebelflecken wiederfinden, kurz die prismatische Zerlegung des Lichtes, welches die fernsten Himmelskörper uns zusenden, hat uns die wichtigsten, vor wenigen Jahren noch nicht geahnten Aufschlüsse über die physische Beschaffenheit derselben gegeben.

Von allen diesen Dingen war in der zweiten Auflage des vorliegenden Werkes noch keine Rede, kein Wunder also, wenn das zweite Buch desselben, in welchem die kosmischen und atmosphärischen Lichterscheinungen behandelt werden, auf mehr als das Doppelte seines früheren Umfangs angewachsen ist. Jedenfalls hat das zweite Buch die wesentlichsten Bereicherungen erfahren und zwar nicht allein durch die neueren optisch-astronomischen Entdeckungen, sondern auch dadurch, dass mehrere atmosphärische Lichterscheinungen, welche in den älteren Auflagen allzu flüchtig berührt waren, wie z. B. die Luftspiegelung, die Sonnen- und Mondhöfe, die secundären Regenbogen u. s. w., jetzt ausführlicher behandelt worden sind.

Obgleich die im ersten Buche behandelte Lehre von den Bewegungserscheinungen der Himmelskörper zu den am meisten abgeschlossenen Disciplinen der kosmischen Physik gehört, so hat dasselbe doch dadurch eine namhafte Bereicherung erfahren, dass es in den letzten Jahren gelungen ist, die Bahn der Meteorite im Weltraum zu erforschen und damit den Nachweis zu liefern, dass sie nicht in unserem Planetensystem entstanden, sondern dass sie als Fremdlinge von Aussen her in dasselbe eingedrungen sind. In Folge davon musste denn auch der Besprechung der Meteorite eine andere Stelle angewiesen werden als in der vorigen Auflage, in welcher sie überhaupt nur kurz behandelt worden waren.

Ausser zahlreichen formellen Verbesserungen, welche das erste Buch erfahren hat, war ich auch bemüht, dem Leser die nächsten Erscheinungsperioden der mit unbewaffnetem Auge sichtbaren Planeten vorzuführen, um ihm die Beobachtung derselben zu erleichtern. Besonders ausführlich ist die Oppositionsperiode des Mars im Jahre 1871 behandelt, in der Erwartung, dass die Publication des Werkes noch vor Eintritt derselben erfolgen werde. Leider ist durch verschiedene Umstände, namentlich auch durch den nun rühmlichst und glücklich beendeten Krieg, das Erscheinen der neuen Auflage so weit verzögert worden, dass der 46te Paragraph nicht mehr bevorstehende, sondern zum grossen Theil bereits vorüber gegangene Erscheinungen berichtet.

Die Beschreibung der Mondoberfläche wird durch eine wohlgelungene verkleinerte Copie der Rutherfurd'schen Mondphotographie erläutert, welche ohne Zweifel für viele Leser eine willkommene Bereicherung des Atlasses bildet.

Dass auch das dritte Buch, welches die calorischen Erscheinungen auf der Erdoberfläche und in der Atmosphäre behandelt, nicht unerhebliche Bereicherungen und Verbesserungen erfahren hat, dürfte schon daraus hervorgehen, dass sein Umfang von nicht ganz 11 Bogen auf 16 Bogen gewachsen ist. Die meteorologischen Instrumente sind eingehender behandelt worden als früher, und auch einige der einfachsten und zweckmässigsten registrirenden Instrumente sind abgebildet und näher beschrieben worden. — Die Erklärung der Gletscherphänomene ist durch die Untersuchungen über Regelation bedeutend gefördert worden. Ueber den Föhn, welcher in der zweiten Auflage nur flüchtig erwähnt wurde, ist durch mehrfache neuere Untersuchungen und Discussionen ein neues Licht verbreitet worden, in Folge dessen ihm eine eingehendere Besprechung gewidmet werden musste.

Die Paragraphen über telegraphische Witterungsberichte und Sturmwarnungen sind ganz neu hinzugekommen. Kurz, auch im dritten Buche wird kaum eine Parthie zu finden sein, welche nicht eine wesentliche Umgestaltung erfahren hätte.

Den räthselhaftesten Theil der Meteorologie bilden noch immer die elektrischen Erscheinungen der Atmosphäre, deren Erforschung auch in der neuesten Zeit keine namhaften Fortschritte gemacht hat; dessen ungeachtet ist auch das vierte und letzte Buch unseres Werkes nicht ohne Zusätze und Verbesserungen geblieben.

In der ersten und zweiten Auflage der kosmischen Physik waren sämmtliche Holzstiche, also auch diejenigen in den Text eingedruckt worden, welche weiss auf schwarzem Grunde ausgeführt sind. So präcis nun auch der Stich dieser Figuren, so sauber auch ihr Druck sein mag, so machten sie sich doch auf der Rückseite des Blattes auf eine um so unangenehmere Weise bemerkbar, je grösser sie waren, namentlich also bei mehreren Sternkarten, welche eine ganze Octavseite ausfüllen. Um diesen Uebelstand zu vermeiden, sind in der neuen Auflage die schwarzen Figuren meist aus dem Texte entfernt und auf besondere Octavblätter verwiesen worden, welche zum Unterschied von den Tafeln des Atlasses mit arabischen Ziffern numerirt wurden. Die Anzahl dieser Octavtafeln, unter welchen sich auch zwei in Farbendruck ausgeführte befinden, nämlich eine astronomische Spectraltafel und eine Abbildung von Sonnenprotuberanzen, ist auf 25 gestiegen.

Wenn der Umfang unseres Lehrbuches der kosmischen Physik nicht unerheblich gewachsen ist, so ist damit doch die Tendenz des Werkes in keiner Weise geändert worden. Seine Ausdehnung wurde vorzugsweise durch die neuen Entdeckungen des letzten Jahrzehnts bedingt. Während diese neuen Errungenschaften in Specialwerken zum Theil vortrefflich behandelt worden sind, so findet der Leser sie doch hier zum ersten Male in übersichtlicher Form zusammengestellt und in den Rahmen eines Lehrbuches eingepasst.

Freiburg, im August 1871.

**Dr. J. Müller.**

# INHALTSVERZEICHNISS.

## Drittes Capitel.

### Die Sonne und die Beziehungen der Erde zu derselben.



## Viertes Capitel.

### Die Planeten.

## Fünftes Capitel.

### Die Satelliten.



## Sechstes Capitel.

### Die Kometen und Meteorite.



## Siebentes Capitel.

### Die allgemeine Schwere.

### Achtes Capitel.

### Ortsveränderungen der Fixsterne.



---

## Zweites Buch.

## Kosmische und atmosphärische Lichterscheinungen.

### Erstes Capitel.

### Das Licht der Himmelskörper und seine Verbreitung im Weltraume.

Zweites Capitel.

### Atmosphärische Lichterscheinungen.



---

Drittes Buch.

## Die calorischen Erscheinungen auf der Erdoberfläche und in der Atmosphäre.

Erstes Capitel.

### Verbreitung der Wärme auf der Erde.

Zweites Capitel.

**Das Luftmeer, sein Druck und seine Strömungen.**

Drittes Capitel.

**Die Hydrometeore.**



---

## Viertes Buch.

## Die elektrischen und magnetischen Erscheinungen auf der Erdoberfläche.

Erstes Capitel.

**Atmosphärische Elektricität.**

## Zweites Capitel.

### Der Erdmagnetismus.

## Zur Notiz für den Buchbinder.

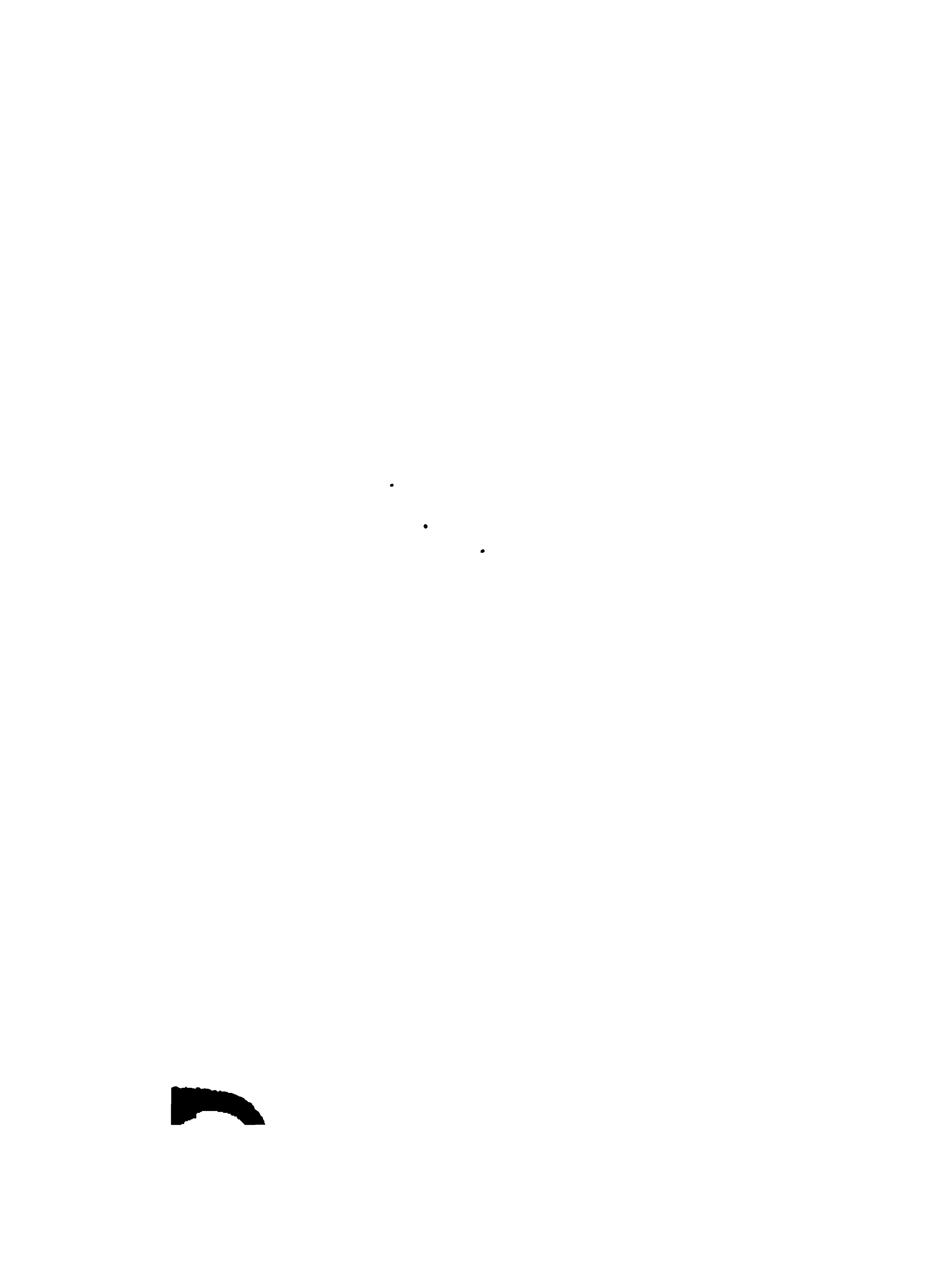
Die am Schlusse befindlichen Tafeln 1—25 sind beim Binden des Werkes an den betreffenden Stellen des Textes, wie solche im nachfolgenden Inhaltsverzeichniss der Tafeln angegeben sind, einzuhängen.

Zweites Capitel.

## Der Erdmagnetismus.

# VERZEICHNISS DER OCTAVTAFELN.

---



# EINLEITUNG.

---

Es ist die Aufgabe der Experimentalphysik, die Naturkräfte kennen
n lernen und die Gesetze zu erforschen, nach welchen sie wirken; ihren
amen hat die genannte Wissenschaft daher, weil man das eben ange-
eutete Ziel vorzugsweise durch Versuche, durch Experimente zu errei-
hen sucht.

Für die Experimentalphysik ist die Erkenntniss der Naturgesetze
n und für sich die Hauptsache. Wie sich mit Hülfe dieser Gesetze
ie Naturerscheinungen im Grossen erklären lassen, kann in dem Vor-
age derselben wohl hier und dort als erläuterndes Beispiel besprochen
erden, aber eine auch nur einigermaassen vollständige Durchführung
ach dieser Seite hin würde der Physik im engeren Sinne des Wortes
las, was man eben Experimentalphysik zu nennen pflegt) eine über-
ässige, die Uebersicht nur erschwerende Ausdehnung geben.

In der Physik lernen wir das Gesetz der Trägheit und die allge-
einen Gesetze der Bewegung kennen, wie sie durch irgend welche be-
hleunigenden Kräfte unter dem Einflusse der Trägheit zu Stande kom-
en; die Bewegungserscheinungen der Himmelskörper aber und ihre
echanische Erklärung gehört der Astronomie an.

Die Experimentalphysik lehrt uns, wie sich die Luft unter dem Ein-
usse der Wärme ausdehnt und wie die erwärmte Luft in Folge ihres
ringeren specifischen Gewichts aufsteigt; wie aber aus der ungleichen
rwärmung der Luftmassen, welche unsere Erdkugel einhüllen, die
inde entstehen, wie sich die Windverhältnisse verschiedener Gegenden
stalten, wie der Passatwind in der Nähe der Wendekreise und wie
s Gesetz der Winddrehung in höherer Breite zu erklären sei, kann in
r Experimentalphysik selbst nicht erörtert werden, die Untersuchung
eser Gegenstände gehört einem besonderen Zweige der physikalischen
issenschaften, der Meteorologie, an.

Ebenso behandelt die Meteorologie die Wolken- und Nebelbil-
ung, den Regen, die Thaubildung u. s. w., während die Experi-
entalphysik die Grundlage zur Erklärung dieser Phänomene liefert,

nämlich die Gesetze der Dampfbildung, der Condensation des Wasser dampfes und die Gesetze der strahlenden Wärme.

Eine ausführliche Betrachtung der meteorologischen und astrono mischen Erscheinungen kann der Experimentalphysik eben so wenig ein verleibt werden, als eine specielle Besprechung der technischen Anwen dung physikalischer Gesetze.

Wie man reine und angewandte Mathematik unterscheidet, so könnt man auch reine und angewandte Physik unterscheiden; die kosmisch und die technische Physik sind wohl die wichtigsten Zweige de letzteren.

Die kosmische Physik, welche die Astronomie und die Meteoro logie umfasst, soll die Naturerscheinungen im Grossen verfolgen und sie so weit als möglich, auf physikalische Gesetze zurückführen; — sie ha also zu zeigen, wie dieselben Kräfte, welche die Experimentalphysik un kennen lehrt, in der ganzen Schöpfung zur Wirkung kommen, wie die selben Gesetze, die wir im physikalischen Cabinet erforschen, das ganz Weltall beherrschen.

Da also die kosmische Physik gleichsam eine Anwendung der Phy sik zur Erklärung der Erscheinungen ist, welche wir in den Himmels räumen und auf der Erdoberfläche beobachten, so werden auch die ein zelnen Abschnitte, in welche sie zerfällt, den Hauptabtheilungen de Experimentalphysik: Mechanik, Optik, Wärme und Elektricität, entspre chen; das vorliegende Werk besteht demnach aus vier Büchern, dere Inhalt in Kürze folgender ist:

Das erste Buch bespricht die Bewegungserscheinungen der Him melskörper und ihre mechanische Erklärung.

Das zweite Buch behandelt die kosmischen und atmosphärische Lichterscheinungen.

Das dritte Buch beschäftigt sich mit den calorischen Erscheinun gen auf der Erdoberfläche und in der Atmosphäre.

Den Gegenstand des vierten Buches endlich bilden die Erschei nungen der Luftelektricität und des Erdmagnetismus.

# ERSTES BUCH.

---

## BEWEGUNGSERSCHEINUNGEN

DER

# HIMMELSKÖRPER

UND IHRE

## MECHANISCHE ERKLÄRUNG.

---



Erstes Capitel.

# Der Fixsternhimmel und seine tägliche Bewegung.

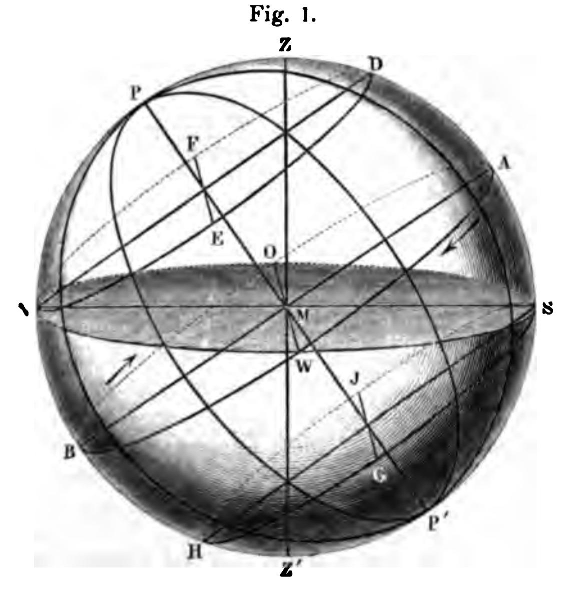
---

**Das Himmelsgewölbe.** Der Himmel erscheint uns, wenn er nicht durch Wolken verdeckt ist, als eine ungeheure Hohlkugel, von welcher wir jedoch nie mehr als die Hälfte auf einmal übersehen können. In einer ganz flachen Gegend oder auf dem Meere erscheint uns die Oberfläche der Erde als eine Ebene, welche von der sichtbaren Hälfte der Himmelskugel überwölbt ist. Wir befinden uns scheinbar in der Mitte dieser Ebene und in dem Mittelpunkte des Himmelsgewölbes. 1

Die durch das Auge des Beobachters gelegte wagerechte Ebene, welche die sichtbare Hälfte der Himmelskugel von der unsichtbaren scheidet, heisst der Horizont.

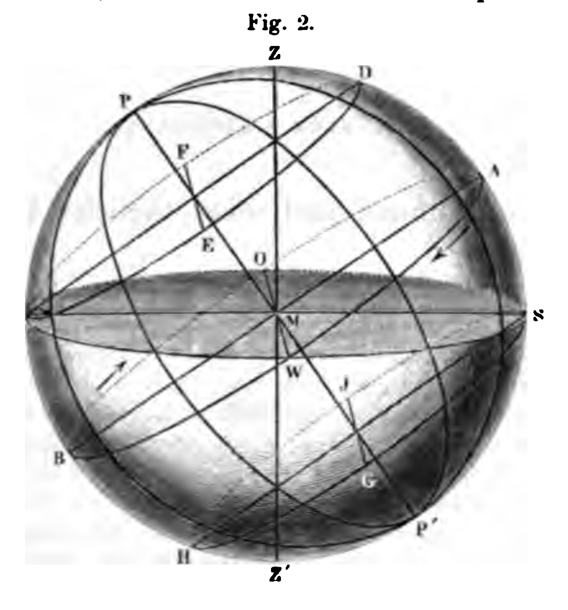
Fig. 1 stellt die Himmelskugel dar. *M* ist der Standpunkt des

Fig. 1.



Beobachters, der Mittelpunkt der Hohlkugel. — *NOSW* ist die d
den Mittelpunkt *M* gelegte Horizontalebene. Die obere Hälfte der
gel sei die sichtbare, die untere die unsichtbare Hemisphäre des Him

Fig. 2.




Denken wir uns durch *M* eine Linie gezogen, welche auf dem
rizont rechtwinklig steht, so trifft diese Linie die Himmelskugel in
Punkten *Z* und *Z'*. Der gerade über dem Haupte des Beobachters
gende Punkt *Z* heisst das Zenith, der untere *Z'* heisst das Nadir.

Bei Tage sehen wir die Sonne glänzend am blauen Himmel ste
sobald sie untergegangen ist, wird die Farbe des Himmels allm
dunkler und nun erscheint eine Menge funkelnder Sterne, deren un
mehr sichtbar werden, je dunkler das Himmelsgewölbe wird.

Die Sterne, ungleich an Glanz und Helligkeit, erscheinen uns
regelmässig über das Himmelsgewölbe zerstreut. Die wenigen Plan
und Kometen ausgenommen, haben sie eine unveränderliche Stell
gegen einander, weshalb sie auch den Namen der Fixsterne füh
Zur leichteren Orientirung hat man schon im grauen Alterthume
Sterne in Gruppen abgetheilt, welche die Namen von Heroen, Thieren
führen, weshalb man denn auch jene Sterngruppen als Stern
der bezeichnet und sie in den Sternkarten gewöhnlich mit den
sprechenden Figuren bedeckt. Diese Figuren sind meist ganz will
lich gewählt und durchaus nicht durch die Gruppirung der Sterne
dingt, wie man denn z. B. aus den entsprechenden Sterngruppen sch
lich einen Bären, einen Löwen, eine Jungfrau u. s. w. herausfinden w

Näheres über die Sternbilder in einem der nächsten Paragraphe

**Tägliche Bewegung der Gestirne.** Obgleich die gegenseitige Stellung der Fixsterne unter einander eine unveränderliche ist, so ändert sich doch beständig ihre Stellung gegen die Erdoberfläche, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man, ohne seinen Beobachtungsort zu ändern, nur etwa eine halbe Stunde lang die Stellung irgend eines Sternes gegen eine Bergspitze, einen Thurm oder sonst einen festen Punkt auf der Erboberfläche beobachtet. 2

Weit auffallender als mit blossem Auge erscheint diese eigene Bewegung der Gestirne, wenn man sie durch stark vergrössernde Fernröhre betrachtet. In kurzer Zeit hat der Stern das Gesichtsfeld des Fernrohres durchwandert.

Diese allen Fixsternen gemeinschaftliche Bewegung ist nun von der Art, dass es scheint, als drehe sich die ganze Himmelskugel sammt allen Sternen in je 24 Stunden um eine feste Axe, welche den Namen der Weltaxe führt.

Im mittleren Deutschland macht diese Weltaxe $PP'$ (Fig. 2) einen Winkel von $50^0$ mit dem Horizont, und dieser Winkel $PMN$, welcher, wie wir bald sehen werden, für verschiedene Orte auf der Erde sehr verschiedene Werthe hat, wird mit dem Namen der Polhöhe bezeichnet. Die Punkte $P$ und $P'$, in welchen die Weltaxe das Himmelsgewölbe trifft, sind die Pole des Himmels. Der in Deutschland sichtbare Himmelspol $P$ ist der Nordpol des Himmels. Die Polhöhe eines Ortes auf der Erdoberfläche ist also der Winkel, welchen die vom Auge des Beobachters nach dem sichtbaren Pole des Himmels gerichtete Visirlinie mit der Horizontalebene macht.

Eine rechtwinklig auf die Weltaxe durch den Punkt $M$ gelegte Ebene $AWBO$ ist der Himmelsäquator. Mit demselben Namen des Himmelsäquators bezeichnet man aber nicht allein die genannte Ebene, sondern oft auch die Kreislinie, in welcher die Aequatorebene das Himmelsgewölbe schneidet.

Der Aequator theilt die Himmelskugel in eine nördliche und eine südliche Hemisphäre.

Denken wir uns senkrecht zur Ebene des Horizonts durch den Nordpol des Himmels $P$ und das Zenith $Z$ eine Ebene gelegt, so ist dies der Meridian, und die Durchschnittslinie $NS$ des Meridians mit dem Horizont ist die Mittagslinie des Beobachtungsortes $M$.

Die Mittagslinie trifft die Himmelskugel in den Punkten $N$ und $S$. Der dem Nordpole des Himmels näher gelegene, $N$, ist der Nordpunkt, $S$ ist der Südpunkt.

Stellt sich der Beobachter in $M$ so auf, dass er Norden im Rücken, Süden aber vor sich hat, so liegt Osten zu seiner Linken, Westen zu seiner Rechten.

Die Punkte $O$ und $W$ sind der Ostpunkt und der Westpunkt des Himmels.

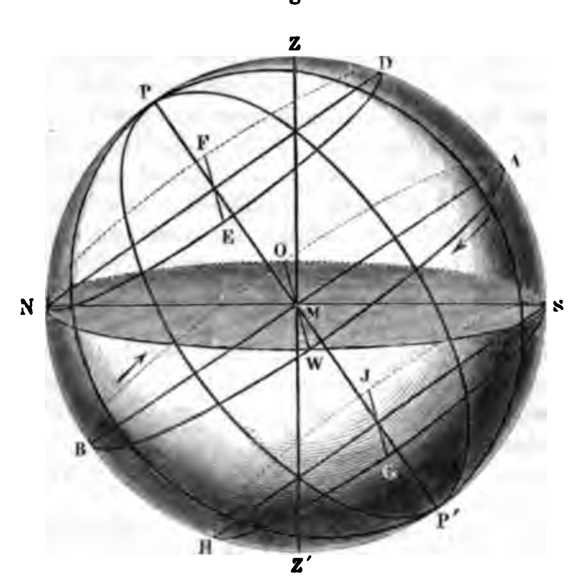
Nach diesen Definitionen können wir nun die Gesetze der täglichen Bewegung des Himmels näher erörtern.

Die scheinbare Drehung der Himmelskugel findet in de Richtung von Osten nach Westen, also in der Richtung der Pfeil in unserer Figur, Statt. Auf der Ostseite steigen die Gestirne auf, si erreichen im Meridian ihre grösste Höhe und gehen dann auf der West- seite wieder nieder. Wenn ein Stern gerade im Meridian steht, so sag man, dass er culminirt.

Während der täglichen Umdrehung beschreiben die in der Näh des Pols $P$ liegenden Sterne, welche man Circumpolarsterne nennt nur kleine Kreise um denselben. In unseren Gegenden liegen die Kreise welche die Circumpolarsterne beschreiben, ganz über dem Horizont diese Sterne gehen also nicht auf und nicht unter.

Ein 50⁰ vom Nordpol rechtwinklig auf die Weltaxe stehender Krei $DENF$, Fig. 3, schneidet denjenigen Theil des Himmels ab, desse

Fig. 3.




Sterne im mittleren Deutschland stets über dem Horizonte bleiben. Di sem Kreise entsprechend ist auf der Südhälfte der Himmelskugel e Kreis $SGHJ$ gezogen, welcher den bei uns stets unsichtbaren Theil d Himmels abschneidet.

Diejenigen Sterne, welche beständig über dem Horizonte bleib passiren während 24 Stunden zweimal sichtbar den Meridian, einm wenn sie auf der Ostseite des Himmels aufsteigend ihren höchsten Pun erreicht haben, und dann, wenn sie nach ihrem Niedergange auf d Westseite des Himmels in ihrer tiefsten Stellung angekommen sind.

Die Circumpolarsterne haben also eine **sichtbare obere** und eine **sichtbare untere** Culmination.

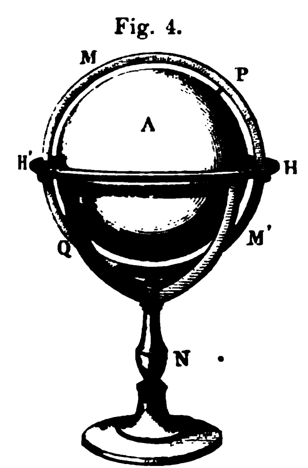
Alle Sterne, welche sich auf der durch die Kreise $DENF$ und $SGHJ$ begränzten Zone befinden, beschreiben Bahnen, welche theils oberhalb, theils unterhalb des Horizontes liegen: alle auf dieser Zone liegenden Sterne gehen also auf und unter. Derjenige Theil einer Sternbahn, welcher über dem Horizonte liegt, heisst der **Tagbogen**, der unterhalb des Horizontes liegende Theil dagegen ist der **Nachtbogen**.

Für alle Sterne, welche auf dem Himmelsäquator liegen, ist der Tagbogen dem Nachtbogen gleich. In unseren Gegenden ist der Tagbogen für die auf der nördlichen, der Nachtbogen für die auf der südlichen Hemisphäre liegenden Sterne grösser.

Die auf- und untergehenden Sterne gehen allerdings auch während jeder Umdrehung der Himmelskugel zweimal durch die Ebene des Meridians, aber nur ihre obere Culmination ist sichtbar.

Die bisher besprochenen Erscheinungen der täglichen Bewegung des Himmels lassen sich sehr gut mit Hülfe eines Himmelsglobus, Fig. 4, anschaulich machen. Auf einem passenden Gestelle ist ein messingener Ring $MM'$ eingesetzt, innerhalb dessen eine um die Axe $PQ$ drehbare Kugel $A$ angebracht ist. Auf dieser Kugel sind die verschiedenen Sterne und Sternbilder in gehöriger gegenseitiger Stellung verzeichnet. $PQ$ stellt die Weltaxe, $HH'$ die Ebene des Horizontes dar. Um die Erscheinungen nachzuahmen, wie sie im mittleren Deutschland beobachtet werden, hat man nur den Ring $M$ so zu stellen, dass die Axe $PQ$ um 50° gegen den Horizont geneigt ist, d. h. dass der Bogen von $P$ bis $H$ 50° beträgt. Um eine gehörige Einstellung möglich zu machen, ist der Ring $MM'$ in Grade eingetheilt.

Fig. 4.




Wir werden später noch einmal auf den Gebrauch des Himmelsglobus zurückkommen.

Um sich davon zu überzeugen, dass jeder Stern in der That einen Kreis um die Weltaxe beschreibt, braucht man nur ein Fernrohr so aufzustellen, dass es sich um eine feste Axe drehen lässt, deren Richtung mit der Weltaxe parallel ist. Fig. 5 (a. f. S.) zeigt eine hierzu geeignete Vorrichtung. Von dem gewöhnlichen Stativ eines Fernrohrs, welches eine Drehung um eine verticale und um eine horizontale Axe erlaubt, sind die Füsse weggenommen und die sonst vertical stehende Säule $A$ rechtwinklig auf der schrägen Fläche $CD$ eines Klotzes befestigt, welche mit dem Horizonte einen ebenso grossen Winkel macht wie der

Himmelsäquator. Stellt man nun den Apparat so auf, dass die Flä
$CD$ dem Himmelsäquator parallel ist, so fällt die Axe $BA$ mit der Ri
tung der Himmelsaxe zusammen. Richtet man alsdann das Fernr
auf irgend einen Stern, schraubt man dann die Schraube $B$ fest zu,
dass der Winkel, welchen das Fernrohr mit der Säule $A$ macht, s
nicht mehr ändern kann, so braucht man das Fernrohr nur langsam
die Axe $A$ zu drehen, um den Stern beständig im Gesichtsfelde zu
halten.

Bei dieser Umdrehung beschreibt die Visirlinie des Fernrohres ei
Kegelfläche und der Durchschnitt dieser Kegelfläche mit dem Himmels
wölbe ist ein Kreis, welcher
dem Himmelsäquator par
lel läuft. Aus diesem Grur
sagt man auch, dass ein Fe
rohr, welches in der erwäh
ten Weise aufgestellt ist, p
rallaktisch aufgeste
sei.

Fig. 5.




Wir werden später zwe
mässigere und vollkomm
Formen parallaktischer A
stellung kennen lernen.

3 **Sternzeit.** Die Z
welche zwischen je zwei
einander folgenden obe
Culminationen eines und d
selben Fixsternes verg
wird ein Sterntag genar

Der Sterntag wird in
Stunden, jede dieser Stun
in 60 Minuten, jede Min
in 60 Secunden getheilt.

Die mittlere Sonnenz
nach welcher unsere gewö
lichen Uhren gehen, ist
der eben erwähnten St
zeit verschieden; denn die Zeit, welche von einer Sonnenculmination
zur nächsten vergeht, ist, wie wir bald sehen werden, grösser als
Sterntag.

Ein Sterntag ist nach mittlerer Sonnenzeit gleich 23 Stunden
und 4,09″, woraus sich folgende Vergleichung der Sternzeit und
mittleren Sonnenzeit ergiebt:

| Sternzeit. | Mittlere Zeit. |
|---|---|
| $1^h$ | $0^h$ 59′ 50,17″ |
| 1′ | 59,81 |

und

| Mittlere Zeit. | Sternzeit. |
|---|---|
| $1^h$ | $1^h$ 0′ 9,86″ |
| 1′ | 1 0,16 |

Auf Sternwarten werden nicht allein Uhren gebraucht, welche nach mittlerer Sonnenzeit, sondern auch solche, welche nach Sternzeit gehen.

Die Sternzeit könnte man von der Culmination irgend eines beliebigen Sternes zählen, was aber in der That nicht geschieht; denn die Astronomen zählen den Sterntag von der Culmination eines bestimmten, später näher zu definirenden Punktes auf dem Himmelsäquator an, welcher den Namen des Frühlingspunktes führt und an dessen Stelle gerade kein Stern steht. Vorläufig mag nur bemerkt werden, dass der Frühlingspunkt derjenige ist, in welchem die Sonne im März den Himmelsäquator passirt.

Hier mag auch die Bemerkung Platz finden, dass die Astronomen ihren Sonnentag von Mittag zu Mittag zählen und nicht, wie es im bürgerlichen Leben geschieht, von Mitternacht zu Mitternacht, und dass sie ferner die 24 Stunden ununterbrochen fortzählen, und zwar beginnen sie ihren Tag am Mittag des gleichnamigen bürgerlichen Tages.

Die folgende kleine Tabelle enthält für verschiedene Stunden eines beliebigen Sonnentages die entsprechende Bezeichnung nach astronomischer und bürgerlicher Zeitrechnung.

| Astronomische Zeit. | Bürgerliche Zeit. |
|---|---|
| 6ten März $0^h$ | 6ten März $12^h$ Mittags |
| „ „ 4 | „ „ 4 Nachmittags |
| „ „ 8 | „ „ 8 Abends |
| „ „ 12 | 7ten März 0 Mitternacht |
| „ „ 16 | „ „ 4 Morgens |
| „ „ 20 | „ „ 8 Morgens |

**Sternbilder.** Für Jeden, welcher die astronomischen Erscheinungen studiren will, ist es von grosser Wichtigkeit, zunächst die Bühne kennen zu lernen, auf welcher alle jene Erscheinungen vor sich gehen, 4

also sich am Fixsternhimmel zu orientiren, d. h. sich wenigstens mit den ausgezeichneteren Sternen und ihrer gegenseitigen Stellung bekannt zu machen.

Die Zahl der im mittleren Europa mit blossem Auge sichtbaren Fixsterne beträgt ungefähr 3250. Nach der Stärke ihres Glanzes hat man sie in sechs Classen abgetheilt, so dass die hellsten als Sterne erster Grösse bezeichnet werden, während man die schwächsten, die einem guten Auge noch erkennbaren, Sterne sechster Grösse nennt. Unter den im mittleren Deutschland sichtbaren Sternen giebt es

14 Sterne erster Grösse
51 „ zweiter „
153 „ dritter „
325 „ vierter „
810 „ fünfter „
1871 „ sechster „
15 „ veränderlicher Grösse.

Dazu kommt aber noch eine ungeheure Anzahl von Sternen, welche nur durch Fernröhre sichtbar sind und welche teleskopische Sterne genannt werden.

Die Zahl der im mittleren Europa sichtbaren Sternbilder beträgt 57, wenn man einige kleinere in späteren Zeiten auf Kosten der älteren eingeführten unberücksichtigt lässt. Die Namen dieser Sternbilder sind:

| | | |
|---|---|---|
| der kleine Bär, | der Widder, | Eridanus, |
| Cassiopeia, | der Stier, | der Hase, |
| Kamelopard, | Orion, | die Taube, |
| der Drache, | die Zwillinge, | das Einhorn, |
| Cepheus, | der kleine Hund, | der grosse Hund, |
| Perseus, | der Krebs, | das Schiff Argo, |
| der Fuhrmann, | der grosse Löwe, | Hydra, |
| der Luchs, | der kleine Löwe, | der Becher, |
| der grosse Bär, | der Sextant, | die Jungfrau, |
| die Jagdhunde, | das Haar der Berenice, | der Rabe, |
| Bootes, | die Schlange, | der Centaur, |
| die nördliche Krone, | Ophiuchus, | die Wage, |
| Hercules, | der Adler, | der Wolf, |
| die Leyer, | der Fuchs, | der Scorpion, |
| der Schwan, | der Pfeil, | der Schütze, |
| die Eidechse, | der Delphin, | das Schild des Sobieski, |
| Andromeda, | das Füllen, | der Steinbock, |
| die Fische, | Pegasus, | der Wassermann, |
| der Triangel, | der Walfisch. | der südliche Fisch. |

Die Karte Tab. I. des Atlasses zeigt in Polarprojection die Sternbilder der nördlichen Hemisphäre bis zu einer Entfernung von 60° vom Nordpol des Himmels, welcher den Mittelpunkt dieser Karte bildet.

Die Karte Tab. II. zeigt in Aequatorialprojection den Theil des Him-

mels, welcher von zwei rechtwinklig auf der Weltaxe stehenden Kreisen begränzt ist, von denen der eine 50° nördlich, der andere 50° südlich vom Himmelsäquator liegt, es kommen also die Sterne am oberen Rande von Tab. II. auch am äusseren Rande von Tab. I. vor; am unteren Ende von Tab. II. befinden sich aber Sterne, welche im mittleren Europa nie über den Horizont kommen.

In diesen Karten sind die Sterne erster bis fünfter Grösse eingetragen, und zwar die Sterne erster Grösse als 8seitige Sternchen, die Sterne zweiter, dritter und vierter Grösse als 6seitige, 5seitige und 4seitige Sternchen; die Sterne fünfter Grösse endlich als blosse Punkte.

Die Sternkarten Tab. I. und Tab. II. enthalten nur die Sterne selbst, um nicht durch Weiteres die Uebersichtlichkeit der Constellation zu stören. Die Abtheilung der Sternbilder, die Namen derselben, die Bezeichnung der einzelnen Sterne u. s. w. findet man auf den Sternkarten Tab. III. und Tab. IV., welche, wie man sich leicht überzeugen kann, den Karten Tab. I. und Tab. II. vollkommen entsprechen.

Ein auf der Karte Tab. III. mit dem Radius 50° gezogener Kreis begränzt den Theil des Himmels, dessen Sterne für das mittlere Deutschland nicht auf- und nicht untergehen.

Die Kärtchen Tab. I. und Tab. II. sind freilich etwas zu klein, um ein recht treues Bild des gestirnten Himmels geben und sie unmittelbar mit demselben vergleichen zu können, ich habe deshalb grosse Sternkarten im fünffachen Maassstabe der Tab. I. und Tab. II. anfertigen lassen (Verlag von Fr. Wagner in Freiburg). In diesen grossen Sternkarten sind die Sterne gleichfalls weiss auf dunklem Grunde eingedruckt, der Aequator aber, die Ekliptik und die Gränzen der Sternbilder sind durch eingedruckte rothe Linien bezeichnet, durch welche der Totaleindruck der Sternconstellationen nicht gestört wird.

Tab. 1 und Tab. 2*) stellen einzelne sternreiche Gegenden des Himmels in etwas grösserem Maassstabe sammt den gebräuchlichen Figuren dar, und zwar Tab. 1 die Sternbilder Orion und Stier, Tab. 2 Leyer und Schwan.

**Bezeichnung der einzelnen Sterne.** Die auffallenderen 5 Sterne waren schon von den Alten mit besonderen Namen belegt worden, wie z. B. Sirius, Capella, Regulus u. s. w.; andere Namen einzelner Sterne rühren von den Arabern her, wie Deneb, Aldebaran, Rigel u. s. w. Da jedoch die Zahl der einzelnen Sterne viel zu gross ist, um jedem einen eigenen Namen beilegen zu können, ohne dass alle Uebersichtlichkeit verloren ginge, so haben die Astronomen seit Bayer und Doppelmayr die einzelnen Sterne jedes Sternbildes mit griechi-

*) Während der Atlas die grösseren Tafeln enthält, ist eine Reihe kleinerer dem Text unmittelbar angehängt. Zum Unterschied sollen die Tafeln des Atlasses mit lateinischen, die kleineren, dem Text angehängten Tafeln aber mit arabischen Ziffern bezeichnet werden.

schen oder lateinischen Buchstaben bezeichnet, und zwar so, dass man den hellsten Stern des Sternbildes $\alpha$, den folgenden $\beta$ u. s. w. nannte. Später musste man jedoch auch noch zu Zahlen seine Zuflucht nehmen.

Die bei uns sichtbaren Sterne erster Grösse sind:

1) Nördlich vom Aequator.

Wega oder $\alpha$ der Leyer.
Capella oder $\alpha$ des Fuhrmanns.
Arcturus oder $\alpha$ des Bootes.
Aldebaran oder $\alpha$ des Stiers.
Regulus oder $\alpha$ des grossen Löwen.
Atair oder $\alpha$ des Adlers.
Pollux oder $\beta$ der Zwillinge.
Procyon oder $\alpha$ des kleinen Hundes.
Beteigeuze oder $\alpha$ des Orion.

2) Südlich vom Aequator.

Rigel oder $\beta$ des Orion.
Sirius oder $\alpha$ des grossen Hundes (der hellste Fixstern).
Spica oder $\alpha$ der Jungfrau.
Antares oder $\alpha$ des Scorpions.
Fomalhaut oder $\alpha$ des südlichen Fisches.

Von Manchen wird auch noch Deneb oder $\alpha$ des Schwans zu den Sternen erster Grösse gerechnet.

Es wird keine Schwierigkeit haben, diese Sterne auf den Karten Tab. I. und Tab. II., sowie auch auf Tab. III. und Tab. IV. aufzufinden.

Unter den Sternen zweiter Grösse ist hervorzuheben:

$\alpha$ ursae minoris oder der Polarstern.

Algenib oder $\alpha$ des Perseus, der nördliche von den beiden Sternen zweiter Grösse, welche unsere Karte in diesem Sternbilde zeigt. Der andere als ein Stern zweiter Grösse bezeichnete ist Algol oder $\beta$ des Perseus, der Hauptstern im Haupte der Medusa. Algol, ist veränderlich, er wechselt zwischen zweiter und vierter Grösse.

Der grosse Bär enthält sechs Sterne zweiter Grösse, welche mit einem Stern dritter Grösse die Constellation Fig. 6 bilden, welche die Alten auch den Wagen nannten. Die Sterne $\delta$, $\varepsilon$, $\zeta$ und $\eta$ bilden den Schwanz des grossen Bären. Alle diese sieben Sterne führen auch arabische Namen; so heisst $\alpha$ des grossen Bären auch Dubhe; Merak und Mizar sind die arabischen Namen für $\beta$ und $\zeta$ ursae majoris.

Im grossen Löwen finden sich ausser einem Sterne erster Grösse, dem Regulus, noch drei Sterne zweiter Grösse, von denen der östliche $\beta$ leonis auch den Namen Denebola führt.

In der Nähe des schon erwähnten Pollux im Sternbilde der Zwillinge, und zwar nordwestlich von demselben, findet sich $\alpha$ geminorum oder Castor, ein Stern zweiter Grösse.

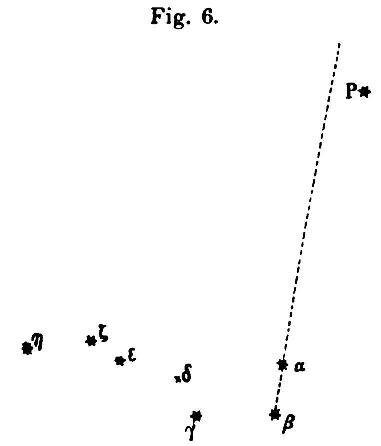
Zu den schönsten Sternbildern des Himmels gehören Orion und der Stier, welche in Tab. 1 besonders dargestellt sind. Wie bereits oben erwähnt wurde, sind im Orion zwei Sterne erster Grösse, Rigel und Beteigeuze, im Stier aber einer, nämlich Aldebaran. Im Orion bilden drei nahe zusammenstehende Sterne zweiter Grösse eine fast gerade Linie (den Jacobsstab oder den Gürtel des Orion), welche nach Osten hin verlängert etwas über dem Sirius hinläuft.

Das Sternbild des Stieres ist besonders durch zwei Sterngruppen, die Hyaden und die Plejaden (das Siebengestirn oder die Gluckhenne), ausgezeichnet, deren schon Homer Erwähnung thut. Die Hyaden, zunächst bei Aldebaran, bilden mit demselben ein Dreieck; nordwestlich davon stehen die Plejaden, ein dicht gedrängter Sternhaufen, in dessen Mitte sich Alcyone, ein Stern dritter Grösse, befindet.

Wir werden später noch auf die Eigenthümlichkeiten einzelner Fixsterne zurückkommen.

**Orientirung am Himmel.** Um sich am gestirnten Himmel zu orientiren, geht man gewöhnlich vom Sternbilde des grossen Bären aus, welches durch die ausgezeichnete Constellation, Fig. 6, am nördlichen Himmel zu allen Jahreszeiten leicht aufgefunden werden kann. Denkt man sich die Linie, welche die Sterne $\alpha$ und $\beta$ verbindet, in der Richtung von $\beta$ über $\alpha$ hinaus verlängert, so geht dieselbe nahe bei einem Sterne $P$ vorbei, welcher ungefähr $5^1/_2$ Mal so weit von $\alpha$ absteht als $\beta$. Dieser Stern ist der Polarstern, ($\alpha$ des kleinen Bären), welcher nahezu genau nördlich vom Beobachter steht. 6

Fig. 6.




Hat man einmal den grossen Bären und den Polarstern am Himmel aufgefunden, so geben diese Sterne den Ausgangspunkt zu einer weiteren Orientirung am Himmel und zur Aufsuchung der übrigen Sternbilder. Eine öfters wiederholte Vergleichung guter Sternkarten und Himmelsgloben mit dem gestirnten Himmel selbst ist das beste Mittel, die einzelnen Sternbilder kennen zu lernen.

Um eine solche Orientirung zu erleichtern, mag hier noch angeführt werden, an welcher Stelle des Himmels Abends um 9 Uhr die wichtigsten Sternbilder zu finden sind.

In der Mitte Januar steht um 9 Uhr Abends der Stier und Orion am südlichen Himmel; Aldebaran hat bereits den Meridian

passirt und Rigel ist der Culmination nahe. Am südöstlichen Himmel ist Sirius leicht aufzufinden. Dem Zenith sehr nahe steht Capella im Sternbild des Fuhrmanns. Eine gerade Linie von Rigel über Beteigeuze führt zum Sternbild der Zwillinge, welches durch die beiden Sterne Castor und Pollux leicht kenntlich ist. Am nordöstlichen Himmel geht der grosse Löwe auf. Regulus steht schon ungefähr 20° über dem Horizont. Etwas westlich vom Nordpunkt ist Wega eben über dem Horizont sichtbar.

Unterhalb des Horizontes befinden sich um diese Zeit unter anderen die Sternbilder Jungfrau, Scorpion, Schütze, Adler, Delphin u. s. w.

In der bezeichneten Abendstunde hat in der Mitte Februar Sirius bereits culminirt und Orion steht westlich, Castor und Pollux in einer Höhe von etwa 70 Graden noch etwas östlich vom Meridian. Nach Nordnordwesten hin steht $\alpha$ des Schwans dem Horizont nahe. Am östlichen Himmel ist das Sternbild des Löwen jetzt ganz sichtbar, indem Denebola gerade nach Osten hin schon ungefähr 25° über dem Horizont steht. Am westlichen Himmel findet man das Sternbild des Widders ungefähr 30° über dem Horizont. Im Nordosten ist Arcturus im Sternbild des Bootes eben aufgegangen.

Mitte März, Abends 9 Uhr. Der Widder dem Untergang nahe; Stier und Orion am westlichen Himmel, Regulus der Culmination nahe. Im Osten ist Spica im Sternbild der Jungfrau bereits aufgegangen. Gerade nach Norden steht $\alpha$ des Schwans eben über dem Horizont.

Mitte April, Abends 9 Uhr. Orion und der Stier dem Untergang nahe; der grosse Löwe culminirt, und zwar hat Regulus den Meridian bereits passirt. Denebola steht noch östlich von demselben. Zwischen Aldebaran und Regulus findet man das Sternbild der Zwillinge am westlichen Himmel ungefähr 40" über dem Horizont. Im Südosten des Himmels steht das Sternbild der Jungfrau. Der grosse Bär steht fast im Zenith. Sirius dem Untergange nahe.

Mitte Mai, Abends 9 Uhr. Nach Norden hin, etwas westlich vom Meridian und noch 20° über dem Horizont findet man das Sternbild der Cassiopeia. Am nordöstlichen Himmel ist der Schwan bereits ganz aufgegangen, und Wega steht schon ziemlich hoch über dem Horizont. Etwas weniger hoch über dem Horizont steht Capella nach Nordwesten hin. Am westlichen Himmel findet man die Zwillinge und den kleinen Hund. Spica nähert sich dem Meridian. Etwas weiter davon entfernt, aber höher, findet sich Arcturus im Sternbild des Bootes.

Mitte Juni, Abends 9 Uhr. Arcturus hat den Meridian bereits passirt und steht ungefähr 60° über dem Horizont. Am westlichen Himmel ist der grosse Löwe sichtbar. Die Zwillinge sind zum Theil schon untergegangen, aber Castor und Pollux noch sichtbar. Am südwestlichen Himmel steht das Sternbild der Jungfrau. Am östlichen Himmel findet man den Delphin, den Adler, den Schwan und die Leyer. Am südöstlichen Himmel steht Antares im Sternbild des Scorpions.

Mitte Juli, Abends 9 Uhr. Antares hat bereits den Meridian passirt. Regulus ist dem Untergange nahe. Spica steht am südwestlichen Himmel. Gerade nach Norden hin Capella fast am Horizont. Hoch am östlichen Himmel stehen Delphin, Adler, Schwan und Leyer.

Mitte August, Abends 9 Uhr. Spica eben untergehend, der Scorpion 30° westlich vom Meridian nahe über dem Horizont. Bootes am westlichen Himmel. Wega culminirt, beinahe 80° über dem Horizont, etwas östlich davon steht der Schwan.

Mitte September, Abends 9 Uhr. Delphin und α des Schwans culminiren, am westlichen Himmel steht Arcturus dem Horizont nahe; am nordöstlichen Himmel sieht man Capella in geringer Höhe über dem Horizont.

Mitte October, Abends 9 Uhr. Am westlichen Himmel stehen Adler, Schwan und Leyer. Aldebaran und die Plejaden sind im Osten bereits aufgegangen.

Mitte November, Abends 9 Uhr. Gerade nach Norden hin steht der grosse Bär in seiner tiefsten Stellung. Cassiopeia beginnt zu culminiren. Orion ist im Osten, und etwas mehr nach Norden hin sind die Zwillinge aufgegangen. Ausserdem stehen am östlichen Himmel der Fuhrmann, Perseus, der Stier, und mehr nach Süden hin der Wallfisch. α der Andromeda hat eben den Meridian passirt. Am westlichen Himmel Adler, Leyer, Schwan u. s. w.

Mitte December, Abends 9 Uhr. Am östlichen Himmel glänzen Orion, der Stier, die Zwillinge, der Fuhrmann mit der Capella. Im Süden steht der Wallfisch. Der Widder, ungefähr 60° über dem Horizont, hat bereits den Meridian passirt. Dem Zenith nahe stehen Perseus und Cassiopeia. Ersteres Sternbild ist der Culmination nahe, letzteres hat den Meridian bereits passirt. Am westlichen Himmel ist der Delphin dem Untergange nahe, mehr nach Norden hin steht die Leyer noch über dem Horizont und zwischen beiden etwas höher am Himmel der Schwan.

Die am oberen Rande der Karte Tab. IV. notirten Monatstage bezeichnen die Stelle des Himmels, welche an den genannten Tagen um Mitternacht culminirt. Zieht man z. B. von dem Punkte des oberen Randes, welcher dem 9. December entspricht, eine verticale Linie herunter, so geht diese durch den Stern β Orionis; Rigel culminirt also um Mitternacht am 9. December.

Ebenso ersieht man aus jener Karte, dass das Sternbild des Scorpions Ende Mai und Anfangs Juni um Mitternacht culminirt.

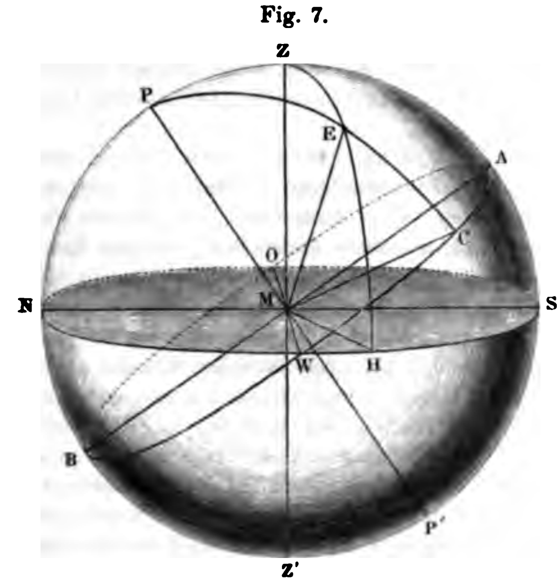
**Höhe und Azimut.** Um die Stellung eines Gestirns am Himmel mit der Genauigkeit zu bestimmen, wie es astronomische Zwecke erfordern, genügt es nicht, seine Stellung in einem Sternbilde anzugeben, es genügt z. B. nicht, zu sagen: der oder jener Stern steht im Kopfe des Drachen; der Mond befindet sich eben in der linken Schulter der 7

Jungfrau u. s. w. Solche Angaben können nur dazu dienen, annäh den Ort des Gestirns am Himmel zu bezeichnen; eine genaue O stimmung erfordert mathematische Hülfsmittel.

Um irgend einen Punkt am Himmel mit mathematischer Ge keit zu bestimmen, bedarf es vor allen Dingen eines passend gew Coordinatensystems, und zwar zeigt sich für astronomische Zwec auf der Oberfläche der Himmelskugel angebrachtes System gr Kreise als das passendste.

Denken wir uns durch einen Stern $E$, Fig. 7, den Beobachtu $M$, und das Zenith $Z$ desselben in eine Ebene gelegt, so schneidet die Himmelskug einem grössten $ZEH$, welcher winklig auf dem zonte steht.

Fig. 7.




Alle solche das Zenith gelegte dem Horizont recht lig stehende Kreise sen **Höhenkreise** auch **Verticalkr**

Der Bogen $EH$ Stern $E$ bis zu Punkte $H$, in we sein Höhenkreis de rizont trifft, heiss **Höhe des Ste** der Bogen $EZ$ abe Stern zum Zenith die **Zenithdistan**

**Höhe und Zenithdistanz** eines Sternes ergänzen sic 90°. Ist also die Höhe eines Sternes 60°, so ist seine Zenithdistan

Der Bogen $SH$ vom Südpunkte $S$ des Horizontes bis zum P $H$, in welchem der Höhenkreis des Sternes $E$ den Horizont trifft, das **Azimut** des Sternes $E$; das Azimut eines Sternes kann also als der Winkel definirt werden, welchen sein Höhenkreis mit der des Meridians macht.

Das Azimut wird vom Südpunkte $S$ nach Westen hin gezählt Azimut 90° entspricht also dem Westpunkt. Für den Ostpunkt de rizontes ist das Azimut 270°. Ein Höhenkreis, dessen Azimut 31 liegt 45° östlich vom Meridian, er trifft also gerade nach Südoste den Horizont.

Durch **Höhe und Azimut** ist die Stellung eines Ste **vollkommen bestimmt.** Eine solche Bestimmung gilt jedoch i nur für einen gegebenen Zeitmoment; denn in Folge der täglicher

wegung des Himmels ändert sich sowohl Höhe als auch Azimut eines Gestirns in jedem Augenblick.

Um Höhe und Azimut eines Gestirns für einen gegebenen Augenblick ermitteln zu können, ist es vor allen Dingen nöthig, dass die Mittagslinie des Beobachtungsortes mit Genauigkeit bestimmt sei, weil sie ja den Ausgangspunkt zur Messung der Azimute bildet.

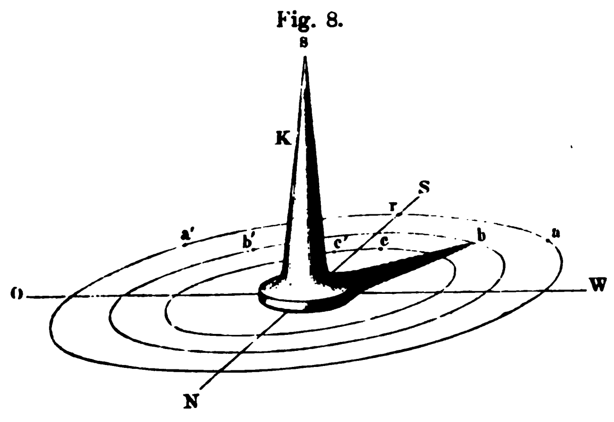
**Bestimmung des Meridians.** Denkt man sich durch das Auge des Beobachters und ein Gestirn, welches eben culminirt, eine Verticalebene gelegt, so ist dies der Meridian. 8

In dem Moment, in welchem die Sonne ihre grösste Höhe erreicht, ist der Schatten, welchen ein verticaler Stab auf eine horizontale Ebene wirft, am kürzesten. Um also die Mittagslinie zu bestimmen, hat man nur für den Augenblick, in welchem die Länge des Stabschattens ein Minimum geworden ist, durch das Ende desselben eine gerade Linie nach dem Mittelpunkte des Stabes zu ziehen, so ist dies die Mittagslinie.

Nun aber ändert sich um die Mittagszeit die Länge des Schattens so langsam, dass man nicht erwarten kann, nach der angegebenen Methode die Richtung der Mittagslinie mit einiger Genauigkeit zu bestimmen. Genauer findet man sie auf folgende Weise:

Auf einer horizontalen Ebene (etwa der wagerecht gestellten Ebene eines Messtischblattes) ziehe man eine Reihe concentrischer Kreise und stelle dann einen spitzigen Kegel $K$ von Holz oder Messing so auf, dass der Mittelpunkt seiner Grundfläche mit dem Mittelpunkte der gezogenen Kreise zusammenfällt. Dieser Kegel wirft nun einen Schatten. Zu einer bestimmten Zeit des Vormittags wird die Spitze des Schattens gerade auf den äussersten Kreis fallen, und man bezeichnet nun den Punkt $a$,

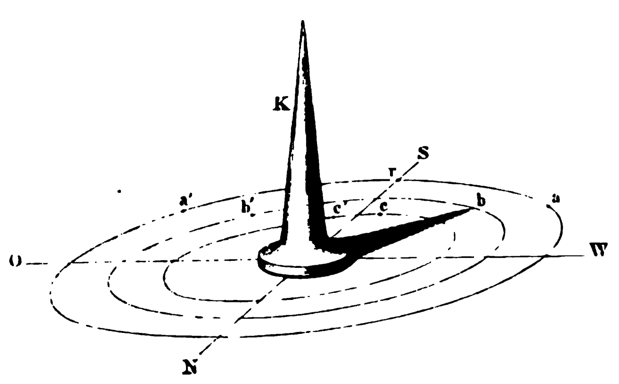
Fig. 8.




wo dies stattfindet. Je mehr die Sonne steigt, desto kürzer wird der Schatten, und so wird denn auch nach und nach die Spitze des Schattens den zweiten, den dritten u. s. w. Kreis treffen, und man bezeichnet jedesmal die Punkte $b$, $c$ u. s. w., wo dies der Fall ist. In gleicher

Weise bezeichnet man auch des Nachmittags die Punkte $c'$ $b'$ $a'$, in chen die Spitze des Stabschattens dieselben Kreise trifft. Halbirt

Fig. 9.




nun den Bogen $aa'$, zieht man von dem Halbirungspunkte $r$ eine nach dem Mittelpunkte der Kreise, so ist dies die Mittagslinie, v in unserer Figur durch $NS$ bezeichnet ist. In gleicher Weise man sie durch Halbirung des Bogens $bb'$ und des Bogens $cc'$.

Wären alle Beobachtungen und Halbirungen fehlerlos, so mi die so bestimmten Mittagslinien genau zusammenfallen. Ist dies der Fall, so nimmt man eine zwischen diesen liegende mittlere Ric als Mittagslinie an.

Eine solche Vorrichtung, wie überhaupt jede, welche dazu um durch den Schatten irgend eines Körpers die Mittagslinie zu b men oder Sonnenhöhen zu messen, wird ein Gnomon genannt. einmal für einen Gnomon die Mittagslinie bestimmt, so erhält man diese Vorrichtung leicht Höhe und Azimut der Sonne für einen g nen Moment. Bezeichnen wir nämlich den Mittelpunkt der Kreise $M$, so ist der Winkel $bMr$ das Azimut, der Winkel $bsM$ ist di nithdistanz, der Winkel $sbM$ ist die Höhe der Sonne in der ment, in welchem der Schatten der Spitze $s$ nach $b$ fällt.

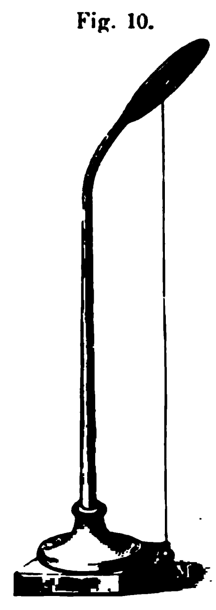
Der Augenblick, in welchem die Spitze des Stabschattens g auf die Mittagslinie fällt, ist der wahre Mittag.

Wenn ein Gnomon die Sonnenhöhe mit einiger Genauigkeit soll, so muss er bedeutende Dimensionen haben, und in der That ten auch die alten Aegypter die Obelisken an, eine Sonnenhöhe stimmen; allein mit der grösseren Höhe des schattenwerfenden K wird auch der Schatten der Spitze verwaschener, und dies ist dan neue Fehlerquelle.

Um den letzteren Uebelstand zu vermeiden, bringt man a höchsten Spitze des Gnomons eine mit einer kleinen Oeffnung ver Metallplatte an. Eine derartige Vorrichtung ist in Fig. 10 darg Die Scheibe wirft einen Schatten, in dessen Mitte ein rundes,

Fleckchen erscheint, welches durch die Oeffnung *s* hindurch vom Sonnenlicht beschienen wird. Die Mitte dieses erleuchteten Fleckchens, welche sich mit ziemlicher Genauigkeit ermitteln lässt, entspricht der Spitze des Stabschattens in Fig. 9. Ein von der Oeffnung *s* herabhängendes Bleiloth bezeichnet den Punkt *M* auf der horizontalen Ebene, welcher gerade senkrecht unter *s* liegt. Die Länge *Ms* entspricht dann der Länge des verticalen Stabes, welcher den gewöhnlichen Gnomon bildet.

Fig. 10.



Auch nach diesem Princip hat man Gnomone im grossen Maassstabe ausgeführt, indem man die durchbohrte Metallplatte in der Wand oder in der Decke eines grossen, innen freien Gebäudes, etwa einer Kirche, anbrachte und das Bild der Sonne auf den gegenüberliegenden Fussboden fallen liess. Einen solchen Gnomon errichtete Paul Toscanelli im Jahre 1467 in der Kuppel des Domes zu Florenz. Die Oeffnung war 277 Fuss über dem Fussboden der Kirche angebracht.

In älteren Sternwarten findet man noch solche Gnomone, in neueren Zeiten hat man sie verlassen, weil man jetzt weit genauere Mittel hat, die Richtung der Mittagslinie zu bestimmen und Sonnenhöhen zu messen.

Fig. 11.

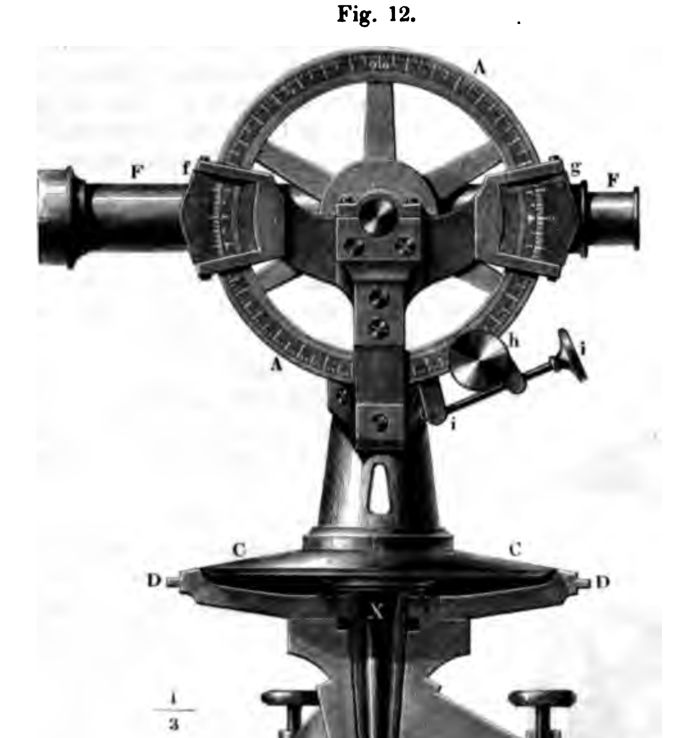



**Das Theodolit.** Ein ungleich genaueres Mittel, sowohl Höhe und Azimut zu messen, als auch den Meridian zu bestimmen, bietet das Theodolit dar. Ein solches Instrument ist in Fig. 11 perspectivisch und in Fig. 12 (a. f. S.) in grösserem Maassstabe in geometrischem Aufriss dargestellt; es besteht im Wesentlichen aus zwei getheilten Kreisen, von denen der eine vertical, der andere horizontal ist. Der Verticalkreis *A* ist sammt dem Fernrohr *F* an einer horizontalen Axe befestigt und beide sind um diese Axe drehbar, so dass die gegenseitige Stellung des getheilten Verticalkreises und des Fernrohrs nicht geändert werden kann. Zu beiden Seiten des

9

drehbaren Kreises sind feste Nonien *f* und *g* angebracht. Wenn Instrument gehörig aufgestellt und justirt ist, sollen die Nullpu der Nonien *g* und *f* auf die Punkte 0 und 180 der Theilung zeigen, bald die Axe des Fernrohrs vollkommen wagerecht steht; d

Fig. 12.



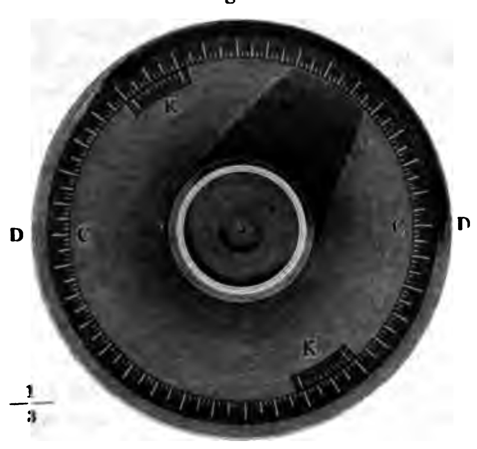

man dann das Fernrohr aus seiner horizontalen Richtung heraus, u auf einen höher oder tiefer gelegenen Punkt zu richten, so kann die Grösse dieser Drehung an den Nonien ablesen.

Die Stellschraube *h* dient, um bei jeder beliebigen Neigung Fernrohrs dieses sammt dem Verticalkreis festzustellen. Die Mikron schraube *i* dient, um feinere Verstellungen des Fernrohrs in seiner calen Umdrehungsebene zu bewirken.

Das Gestell, welches die horizontale Axe des Fernrohrs trägt

auf einem horizontalen um den verticalen Zapfen $X$ drehbaren Kreise $C$ befestigt, welcher der **Alhidadenkreis** oder die **Alhidade** genannt wird. Dieser Kreis dreht sich genau passend innerhalb eines mit dem Fussgestell des ganzen Apparates fest verbundenen, ringsum mit einer Gradtheilung versehenen kreisförmigen Ringes $D$, welcher der **Limbus** genannt wird. Die Alhidade trägt an ihrem äusseren Rande zwei Nonien $K$, welche sich bei der Drehung der Alhidade längs der Theilung des Limbus hinbewegen und welche man deutlicher in Fig. 13 sieht, welche die Alhidade und den Limbus von oben gesehen darstellt, jedoch

Fig. 13.




mit Weglassung der Stellschraube $r$, mittelst deren man die Alhidade an den Limbus anklemmen, und der Mikrometerschraube $t$, mittelst deren man eine feinere Verschiebung der Alhidade bewerkstelligen kann.

Um den Limbus und die Alhidade gehörig wagerecht zu stellen, was man an einer in der Mitte der Alhidade angebrachten Dosenlibelle erkennen kann, dienen die drei Fussschrauben (in Fig. 11 sowohl, wie in Fig. 12 sind deren nur zwei sichtbar), welche das ganze Instrument tragen.

Bemerken wir noch, dass die Theodolitfernrohre stets astronomische Fernrohre sind (Lehrb. der Physik, 7. Aufl., Bd. I., S. 723), dass sie also alle Gegenstände verkehrt zeigen und dass sie mit einem **Fadenkreuz** versehen sind. An der Stelle nämlich, an welcher das Bild des Objectives zu Stande kommt, ist eine in der Mitte mit einer runden Oeffnung versehene Metallscheibe angebracht; über diese Oeffnung sind dann zwei sehr feine Fäden (in der Regel Spinnenfäden) sich rechtwinklig kreuzend ausgespannt, Fig. 14.

Fig. 14.

Will man einen bestimmten Gegenstand, etwa einen Stern, einvisiren, so richtet man das Fernrohr so, dass das Bild des zu beobachtenden Gegenstandes genau in den Durchschnitts-

punkt der Fäden fällt. Man sieht, dass auf diese Weise die Visirlinie des Fernrohrs vollkommen genau bestimmt ist.

Will man durch das Theodolitfernrohr die Sonne beobachten, so muss man vor dem Ocular ein dunkelfarbiges Glas, das **Sonnenglas**, anbringen, weil das Auge ohne ein solches den Glanz des Sonnenlichtes nicht ertragen würde.

10 **Bestimmung der Mittagslinie mit Hülfe des Theodolits.** Um nun mit Hülfe des Theodolits die Mittagslinie zu bestimmen, verfährt man in folgender Weise: Man richtet das Fernrohr des Instrumentes einige Zeit, *n* Stunden, vor der Culmination der Sonne so, dass der Gipfel des Sonnenrandes genau im Mittelpunkte des Fadenkreuzes erscheint. Der Höhenkreis und der Horizontalkreis werden nun mittelst der Stellschrauben *h* und *r* festgestellt und dann der Nonius des Horizontalkreises abgelesen. Durch diese Ablesung ist die Lage der Verticalebene des Fernrohrs für den Moment dieser ersten Beobachtung vollkommen bestimmt.

Die Sonne schreitet nun nach Westen vor, während zugleich ihre Höhe bis zur Culmination zunimmt. Nach der Culmination nimmt die Höhe der Sonne wieder ab, *n* Stunden nach ihrer Culmination wird die Sonne wieder genau dieselbe Höhe haben, wie zur Zeit der ersten Beobachtung. Wenn man also den Höhenkreis und das Fernrohr unverändert in der Stellung gegen den Horizont lässt, die sie bei der ersten Beobachtung einnahmen, so wird man, wenn nahezu die Zeit von n Stunden nach der Sonnenculmination verflossen ist, die Sonne wieder im Gesichtsfelde des Fernrohrs finden, wenn man die Alhidade sammt Höhenkreis und Fernrohr um die verticale Axe des Instrumentes nach Westen dreht. Zunächst wird nun der Gipfel des Sonnenrandes wieder genau hinter den verticalen Faden des Fadenkreuzes gebracht und dann folgt man der Sonne, indem man den Horizontalkreis langsam und zwar zuletzt mit Hülfe der Mikrometerschraube *t* gegen Westen fortschiebt, bis zu dem Moment, in welchem die Sonne so tief gesunken ist, dass der horizontale Faden wieder den Sonnenrand tangirt, der Gipfel des Sonnenrandes also wieder genau im Mittelpunkte des Fadenkreuzes erscheint. Man liest nun abermals den Nonius des Alhidadenkreises ab und erfährt durch diese zweite Ablesung den Winkel, welchen die Verticalebene des Fernrohrs bei der ersten Beobachtung mit der Verticalebene des Fernrohrs bei der zweiten Beobachtung macht. Halbirt man diesen Winkel, so ist dann eine durch die Halbirungslinie gelegte Verticalebene die Ebene des Meridians.

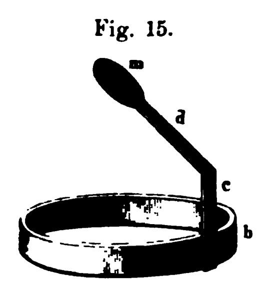
Hat z. B. der Nonius des Alhidadenkreises bei der Morgensbeobachtung auf 152° gestanden, bei der Nachmittagsbeobachtung aber auf 226°, so wird sich die Ebene des Fernrohrs und des Höhenkreises im Meridian befinden, wenn man den Alhidadenkreis so stellt, dass der Nonius desselben auf 189° zu stehen kommt.

Wegen der von der täglichen Bewegung unabhängigen Ortsverände-
ıng der Sonne am Himmelsgewölbe (die wir im dritten Capitel näher
sprechen werden) giebt diese Bestimmungsweise des Meridians mittelst
rrespondirender Sonnenhöhen nur dann genaue Resultate, wenn man
e Beobachtung um die Zeit der längsten oder der kürzesten Tage an-
llt. Am fehlerhaftesten wird das Resultat zur Zeit der Tag- und Nacht-
eichen. Von diesem Uebelstande ist nun die Bestimmung des Meri-
ans durch correspondirende Sternhöhen ganz frei. Das Verfah-
n ist genau dasselbe, wie wir es für die Sonne kennen gelernt haben;
r stellt man nicht auf den Gipfel des Sonnenrandes, sondern auf den
beobachtenden Stern ein.

Es ist leicht, zur Nachtzeit irgend einen Stern erster, zweiter oder
ch dritter Grösse in das Gesichtsfeld des Fernrohrs zu bringen; zur Nacht-
it aber ist das Fadenkreuz, welches bei Tage scharf vor dem hellen
intergrunde erscheint, ganz unsichtbar, wenn man es nicht auf künst-
he Weise erleuchtet.

Zur Beleuchtung des Fadenkreuzes in Theodolitfernrohren dürfte wohl
lgende Methode die geeignetste sein: Auf das Objectivende des Fern-
hrs wird ein leichter Messingring $ab$, Fig. 15, aufgeschoben; an diesem
ist ein Messingstäbchen $cd$ befestigt, welches
gerade der Mitte des Ringes $ab$ gegenüber
ein elliptisches Metallblättchen $m$ trägt. Dieses
Metallblättchen ist auf der dem Ringe $ab$ zu-
gewandten Seite weiss angestrichen. Durch
eine in der Nähe seitlich aufgestellte Kerzen-
flamme wird diese kleine weisse Fläche erhellt
und wirft dann hinlänglich Licht in das Fern-
rohr, um das Fadenkreuz zu erleuchten, wel-
ches nun hell auf dunklem Grunde erscheint.
Von dem Sterne fallen nun noch hinlänglich
iel Strahlen neben dem Blättchen $m$ vorbei auf das Objectiv des Fern-
ohrs, um ein deutliches Bild des Sternes zu geben.

Fig. 15.




Hat man einmal nach der angegebenen Methode den Punkt des Lim-
us ermittelt, auf welchen man den Nonius der Alhidade einstellen muss,
lamit die verticale Drehungsebene des Fernrohrs mit der Ebene des Meri-
lians zusammenfällt, so bleibt noch übrig, die Richtung der Mittagslinie
in- für allemal zu fixiren, damit man das Instrument wieder wegneh-
men kann, ohne bei einer späteren Aufstellung an derselben Stelle den
Meridian von Neuem bestimmen zu müssen.

Die Fixirung der Mittagslinie geschieht dadurch, dass man das in
lie Ebene des Meridians gebrachte Fernrohr gegen den Horizont neigt
und nun sieht, ob sich auf demselben oder auf der Erdoberfläche nicht
irgend ein Gegenstand, etwa eine Thurmspitze, eine Mauerkante, eine
Giebelspitze, ein Blitzableiter u. s. w., findet, welcher gerade im Meridian

liegt, welcher also den Kreuzungspunkt des Fadenkreuzes passirt, wen man das Fernrohr um seine horizontale Axe dreht. Ein solcher Punl wird nun das Meridianzeichen genannt. Eine verticale Ebene, welcl durch den Aufstellungsort des Instrumentes und das Meridianzeich geht, ist die Ebene des Meridians.

Wenn sich kein passendes Meridianzeichen vorfindet, so muss m ein solches herrichten, indem man etwa einen verticalen Strich an d Wand eines passend gelegenen Hauses zieht. Das zweckmässigste M ridianzeichen ist aber immer ein 1 Meter langer, in Centiment getheilter Maassstab, welchen man in horizontaler Lage und entsprechender Entfernung so befestigt, dass die Meridianebene d Instruments seine Länge ungefähr halbirt. Ist dieser Maassst einmal gehörig befestigt, so kann man durch später wiederholte B stimmungen der Meridianebene leicht ermitteln, welcher Theilstri desselben es eigentlich sei, der genau die Richtung der Mittagslinie b zeichnet.

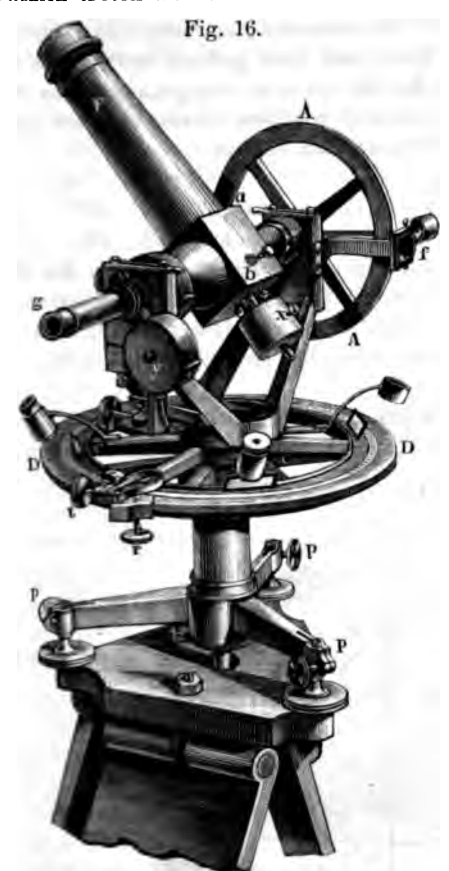
11 **Theodolit mit gebrochenem Fernrohr.** Das Theodol welches wir in §. 9 kennen lernten, ist ein solches von möglichst ei facher Construction, wie man sie mehr zu geodätischen Messungen a zu astronomischen Beobachtungen anwendet. Zu letzterem Zwecke we det man wo möglich grössere Kreise an. Durch das Fernrohr des Th dolits Fig. 11 kann man Sterne, deren Höhe 45 bis 50° beträgt, n mit Mühe, solche aber, die sich in der Nähe des Zenith befinden, g nicht beobachten. Da nun die Beobachtung gerade dieser Sterne in ma chen Fällen von grosser Wichtigkeit ist, so hat man das gerade Fe rohr mit einem gebrochenen vertauscht.

Fig. 16 stellt ein etwas grösseres Theodolit mit gebrochenem Fe rohr dar. Alle Theile dieses Instrumentes, welche auch an dem Theo lit Fig. 11 vorkommen, sind mit den gleichen Buchstaben bezeichn So ist $A$ der Höhenkreis, $F$ das Fernrohr, $f$ der eine Nonius des Höh kreises. $C$ ist der Alhidadenkreis, welcher hier in der Mitte durchb chen ist; $D$ ist der Limbus. Die Alhidade ist hier mit 4 Nonien v sehen. Ueber jedem dieser Nonien ist ein kleiner Schirm von dur scheinendem Papiere angebracht, was eine bessere Beobachtung des N nius bewirkt. Die Nonien werden nicht mit blossem Auge, sondern dur Loupen abgelesen.

Die Einrichtung des gebrochenen Fernrohrs ist folgende: Das O larende $g$ des Rohres macht einen rechten Winkel mit dem Objectiven $F$. Beide Enden sitzen auf einem würfelförmigen hohlen Körper, in d sen Innerem sich ein Spiegel befindet, welcher sowohl gegen die Axe d Objectivendes als auch gegen die Axe des Ocularendes um 45° genei ist. Dieser Spiegel wird durch ein rechtwinkliges, gleichschenklig Glasprisma gebildet, dessen eine Kathetenfläche gegen das Objectiv, d andere gegen das Ocular gerichtet ist, während die Hypotenusenfläc

die Richtung der Diagonalen $ab$ hat. Die vom Objectiv kommenden Strahlen treten an der Vorderfläche dieses Prismas ein, ohne eine merkliche Ablenkung zu erfahren; an der 45° gegen die Axe des Objectivs geneigten Hinterfläche erleiden sie eine totale Reflexion (Lehrb. der Phys. 7. Aufl. Bd. I. S. 542) und gelangen so, nachdem sie an der zweiten Kathetenfläche fast ohne Ablenkung ausgetreten sind, zu dem Ocular. Das Ocularende des Fernrohrs bildet nun selbst ein Stück der horizontalen Umdrehungsaxe des Höhenkreises, man mag also das Objectivende des Fernrohrs um diese Axe drehen, wie man will, so bleibt doch die Stellung des Oculars ungeändert; man kann also mit gleicher Bequemlichkeit alle Sterne beobachten, welches auch ihre Höhe sein mag.

Fig. 16.




Die Metallmassen $x$ und $y$ dienen nur als Gegengewicht für das Objectivende des Fernrohrs.

Mit einem solchen Instrumente kann man nun die Mittagslinie noch weit genauer bestimmen, als es nach der Methode der correspondirenden Höhen möglich ist. Das Instrument wird an einem Orte aufgestellt, an welchem die Aussicht nach Norden hin bis nahe zum Zenith frei ist. Der Azimutalkreis wird dann so eingestellt, dass die Verticalebene des Fernrohrs nahezu mit dem Meridian zusammenfällt, und nun beobachtet man an einer gleichförmig gehenden Uhr die Zeiten der auf einander folgenden oberen und unteren Culmination eines Circumpolarsternes, d. h. die Zeit, in welcher der Stern in seiner grössten Höhe den verticalen Faden des Fadenkreuzes passirt, und dann wieder den Zeitpunkt, in welchem derselbe Stern in seiner tiefsten Stellung das Fadenkreuz passirt. Wenn die verticale Drehungsebene des Fernrohrs genau in den Meridian fällt, so muss die von einem Beobachtungsmoment zum anderen verstrichene Zeit genau 12 Sternstunden betragen. Ist dies nicht der Fall, so ist

dies ein Beweis, dass die Verticale des Fernrohrs noch einen Wink dem Meridian macht. Beträgt die Zeit von dem oberen bis zum ren Vorübergang weniger als 12 Sternstunden, so muss die All ein wenig in der Richtung von West nach Nord gedreht werden, u Drehungsebene des Fernrohrs in den Meridian zu bringen; nach de gegengesetzten Seite aber, wenn die Zeit von dem oberen bis zum ren Vorübergang mehr als 12 Sternstunden beträgt.

Hätte man z. B. beobachtet

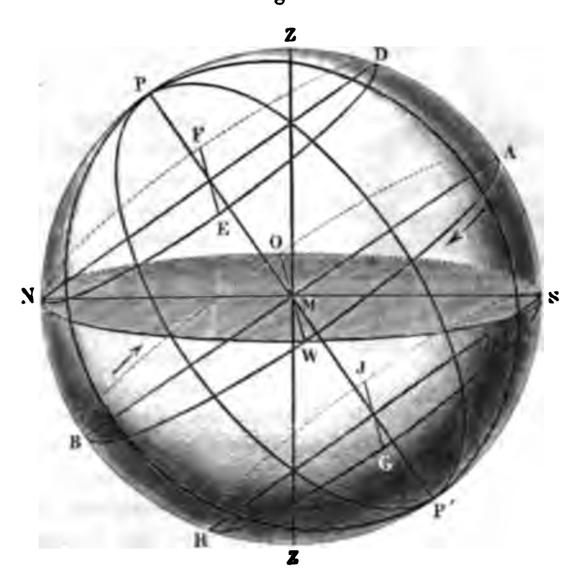
| | | | |
|---|---|---|---|
| den oberen Vorübergang des Polarsterns | $0^h$ | 58′ | 20″, |
| den unteren . „ „ „ | 12 | 58 | 50, |

so würde man aus diesen Beobachtungen schliessen, dass man de mutalkreis um einen ganz kleinen Winkel (den man auch bere kann) in der Richtung von Ost nach Nord hin drehen müsse, u verticale Drehungsebene des Fernrohrs in den Meridian zu bringe

## 12 Declination, Stundenwinkel und Rectascension.

durch die Weltaxe $PP'$, Fig. 17, gelegten Ebenen schneiden die

Fig. 17.




melskugel in grössten Kreisen, welche den Namen der Declinat kreise oder der Stundenkreise führen. Durch jeden Stern kan sich einen Stundenkreis gelegt denken und alle diese Stundenkreise rechtwinklig auf der Ebene des Aequators.

. Der Viertelkreis $PEC$, Fig. 18, ist ein Theil des dem Sterne gehörigen Stundenkreises. Dasjenige Bogenstück $EC$ des Stunde

welches zwischen dem Sterne und dem Aequator liegt, heisst die ination oder die Abweichung des Sternes.

Die Declination eines Sternes ist nördlich oder südlich, je nach- derselbe auf der nördlichen oder südlichen Halbkugel des Himmels

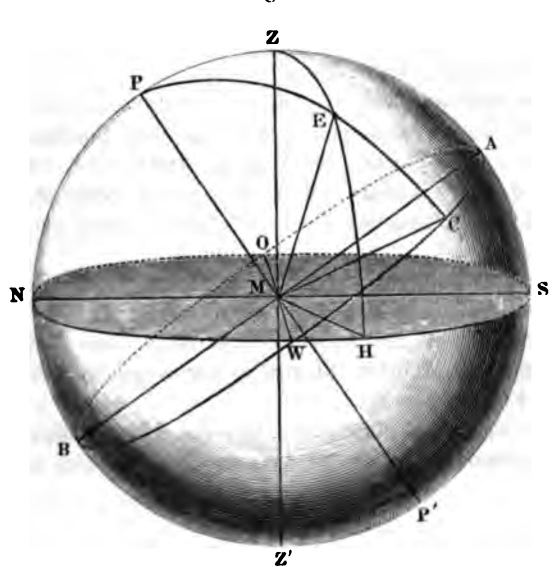
Der Bogen $PE$ vom Sterne bis zum Pol heisst die Poldistanz. stanz und Abweichung ergänzen sich zu 90°.

Während der täglichen Bewegung des Himmels ändert sich die De- ion der Gestirne nicht; die Abweichung eines Fixsternes ist also eine änderliche Grösse, weil ja jeder Stern einen Kreis beschreibt, wel- mit dem Aequator parallel ist.

Alle solche Kreise, welche man sich auf der Himmelskugel parallel lem Aequator gezogen denkt, werden Parallelkreise genannt.

Der Winkel, welchen der Stundenkreis $PEC$ des Sternes $E$ mit Meridian $PZA$, Fig. 18, macht, wird der Stundenwinkel des

Fig. 18.




nes $E$ genannt. Der Stundenwinkel wird durch den Bogen $AC$ auf Aequator gemessen, dessen ganzer Umfang entweder in 360 Grade r in 24 Stunden und deren Unterabtheilungen getheilt ist; es sind also

60 Zeitminuten = 15°
4 „ = 1°
1 Zeitminute = 15 Bogenminuten
1 Zeitsecunde = 15 Bogensecunden.

Die Zählung geschieht stets von dem Punkte $A$ aus, in welchem der idian den Aequator schneidet, nach Westen hin.

Der in Zeit ausgedrückte Stundenwinkel eines Sternes, welcher sich immer nur auf einen bestimmten Moment bezieht, sagt aus, wie viel Stunden und Minuten (Sternzeit) bereits seit der letzten Culmination dieses Sternes verflossen sind.

Es ist klar, dass durch Stundenwinkel und Abweichung (Declination) für einen bestimmten Moment die Stellung eines Sternes am Himmelsgewölbe ganz in ähnlicher Weise bestimmt ist, wie durch Azimut und Höhe; während aber Höhe und Azimut eines Sternes sich gleichzeitig ändern, bleibt die Declination constant und nur der Stundenwinkel ändert sich, weil in jedem Augenblicke ein anderer Punkt des Aequators es ist, von welchem aus der Stundenwinkel gezählt wird.

Eine von der Zeit unabhängige Bestimmung der Sternörter am Himmel erhält man, wenn man die Winkel auf dem Aequator nicht von einem veränderlichen Punkte aus zählt, sondern von einem Punkte, welcher eine feste Stellung auf dem Aequator, also mit der ganzen Himmelskugel die tägliche Bewegung gemeinschaftlich hat. Zum Ausgangspunkt dieser Winkelzählung hat man den Seite 11 erwähnten Frühlingspunkt gewählt. Wir werden im dritten Capitel sehen, auf welche Weise dieser Punkt genau bestimmt werden kann.

Der in der Richtung von Süd nach Ost u. s. w. auf dem Aequator gezählte Winkel vom Frühlingspunkte bis zu dem Punkte, in welchem der Stundenkreis eines Sternes den Aequator trifft, wird die Rectascension oder die gerade Aufsteigung des Sternes genannt. Durch Rectascension und Declination ist die Stelle eines Sternes am Himmel vollkommen bestimmt.

Die Rectascension wird entweder in Graden oder in Stunden und Minuten ausgedrückt, wie wir dies schon beim Stundenwinkel gesehen haben. Die in Zeit ausgedrückte Rectascension eines Sternes giebt an wie viel Stunden und Minuten (Sternzeit) der fragliche Stern später culminirt als der Frühlingspunkt.

Folgendes ist die Rectascension (gerade Aufsteigung) und die Declination (Abweichung) einiger der ausgezeichnetsten Sterne.

| Namen. | Gerade Aufsteigung. | | | Abweichung. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| α Andromedae | 0h | 1' | —" | + 28° | 17' | —" |
| α Arietis | 1 | 59 | — | + 22 | 46 | — |
| α Ceti | 2 | 55 | 42 | + 3 | 31 | 3 |
| α Persei | 3 | 14 | '— | + 49 | 20 | — |
| α Tauri (Aldebaran) | 4 | 28 | 36 | + 16 | 12 | 49 |
| α Aurigae (Capella) | 5 | 6 | 59 | + 45 | 50 | 42 |
| β Orionis | 5 | 7 | 34 | — 8 | 22 | 23 |
| β Tauri | 5 | 17 | 8 | + 28 | 28 | 47 |
| α Orionis | 5 | 47 | 19 | + 7 | 22 | 32 |
| α Canis majoris (Sirius) | 6 | 38 | 45 | — 16 | 31 | 16 |
| α Geminorum | 7 | 25 | 20 | + 32 | 12 | 6 |
| α Canis minoris (Procyon) | 7 | 31 | 42 | + 5 | 35 | 32 |
| β Geminorum | 7 | 36 | 26 | + 28 | 22 | 19 |
| α Hydrae | 9 | 20 | 28 | — 8 | 1 | 58 |
| α Leonis (Regulus) | 10 | — | 39 | + 12 | 40 | 26 |
| α Ursae majoris | 10 | 54 | 44 | + 62 | 31 | 57 |
| β Leonis | 11 | 41 | 39 | + 15 | 22 | 57 |
| β Virginis | 11 | 43 | 8 | + 2 | 34 | 52 |
| γ Ursae majoris | 11 | 46 | 11 | + 54 | 30 | 2 |
| α Virginis (Spica) | 13 | 17 | 33 | — 10 | 24 | 13 |
| α Bootis (Arcturus) | 14 | 9 | 3 | + 19 | 56 | 21 |
| α Librae | 14 | 42 | 40 | — 15 | 23 | 30 |
| α Coronae | 15 | 28 | 33 | + 27 | 12 | 19 |
| α Scorpii (Antares) | 16 | 20 | 31 | — 26 | 6 | 23 |
| α Lyrae (Wega) | 18 | 32 | 2 | + 38 | 39 | 3 |
| α Aquilae (Atair) | 19 | 43 | 42 | + 8 | 29 | 18 |
| α Cygni | 20 | 36 | 29 | + 44 | 45 | 49 |
| α Piscis australis | 22 | 49 | 38 | — 30 | 23 | 28 |
| α Ursae minoris (Polaris) | 1 | 6 | 30 | + 88 | 32 | 11 |

Das Zeichen + bezeichnet eine nördliche, — eine südliche Declination.

Auf Himmelsgloben findet man in der That den Aequator entweder in 360 Grade oder in 24 Stunden ($1^h = 15^0$) und Minuten getheilt. Der Nullpunkt dieser Theilung ist der Frühlingspunkt. Der durch den Frühlingspunkt gezogene Stundenkreis ist dann gleichfalls in Grade getheilt, so dass 90 Grade auf den Bogen vom Frühlingspunkte bis zum

Nordpol und 90 Grade auf den Bogen vom Frühlingspunkte bis z
Südpol gezählt sind. Auf diesem Stundenkreise kann dann die Decli
tion für jeden einzelnen Parallelkreis abgelesen werden.

In der Sternkarte Tab. IV. erscheint der Aequator als gerade Li
man sieht ihn hier in 360 Grade getheilt. Die entsprechende Theil
in Stunden und Minuten findet sich am unteren Rande der Karte.
der, durch den Nullpunkt der Theilung des Aequators (den Frühli
punkt) gelegten Verticalen findet man dann eine weitere Theilung, du
welche die Declinationen gemessen werden.

Auf der Karte Tab. III. kann man die Rectascensionen am Ra
die Declinationen auf der vom Nordpol nach dem Nullpunkte der T
lung am Rande gezogenen geraden Linie ablesen.

Nach diesen Erläuterungen wird es eine zweckmässige Uebung s
nach den in der obigen Tabelle mitgetheilten Werthen der geraden
steigung und der Abweichung die dort verzeichneten Sterne aufzusuc

Um die in Zeit angegebene Rectascension rasch in Bogen- 
Winkelwerthe umwandeln zu können, dient folgende Tabelle:

| | | |
|---|---|---|
| $1^{sec}$ Zeit | = | 15″ Bogen |
| $4^{s}$ „ | = | 1′ „ |
| $1^{m}$ „ | = | 15′ „ |
| $2^{m}$ „ | = | 30′ „ |
| $3^{m}$ „ | = | 45′ „ |

| Minuten | Grade | Minuten | Grade |
|---|---|---|---|
| 4 Zeit | 1 Bogen | 32 Zeit | 8 Bogen |
| 8 „ | 2 „ | 36 „ | 9 „ |
| 12 „ | 3 „ | 40 „ | 10 „ |
| 16 „ | 4 „ | 44 „ | 11 „ |
| 20 „ | 5 „ | 48 „ | 12 „ |
| 24 „ | 6 „ | 52 „ | 13 „ |
| 28 „ | 7 „ | 56 „ | 14 „ |

| Stunden | Grade | Stunden | Grade |
|---|---|---|---|
| 1 Zeit | 15 Bogen | 13 Zeit | 195 Bogen |
| 2 „ | 30 „ | 14 „ | 210 „ |
| 3 „ | 45 „ | 15 „ | 225 „ |
| 4 „ | 60 „ | 16 „ | 240 „ |
| 5 „ | 75 „ | 17 „ | 255 „ |
| 6 „ | 90 „ | 18 „ | 270 „ |
| 7 „ | 105 „ | 19 „ | 285 „ |
| 8 „ | 120 „ | 20 „ | 300 „ |
| 9 „ | 135 „ | 21 „ | 315 „ |
| 10 „ | 150 „ | 22 „ | 330 „ |
| 11 „ | 165 „ | 23 „ | 345 „ |
| 12 „ | 180 „ | 24 „ | 360 „ |

Es sei z. B. auf Tab. IV. $\alpha$ leonis aufzusuchen. Seine Rectascension ist $10^h$ (die Secunden müssen bei der Kleinheit der Karte unberücksichtigt bleiben) oder $150^0$; man geht also vom Frühlingspunkt aus auf dem Aequator nach der Linken bis zu dem mit 150 bezeichneten Punkte, errichtet in demselben ein Perpendikel, auf welchem man dann mit dem Zirkel die Declination von $12^3/_4$ Grad nach Norden abzumessen hat, um den Ort des Regulus zu finden.

**Mittagsrohr und Mittagskreis.** Wir müssen nun sehen, auf welche Weise Rectascension und Declination der Gestirne mit Genauigkeit ermittelt werden kann. 13

Wenn ein Theodolit so aufgestellt ist, dass die verticale Ebene, in welcher sich das Fernrohr drehen kann, genau in die Ebene des Meridians fällt, so kann man an diesem Instrumente mit Hülfe einer guten Uhr genau den Zeitpunkt beobachten, an welchem irgend ein bestimmter Fixstern den Meridian passirt.

Man kann eine solche Beobachtung selbst bei Tage machen; denn obgleich man, während die Sonne am Himmel ist, die Sterne mit blossem Auge nicht sieht, so sind doch durch ein Fernrohr bei Tage Sterne erster, zweiter, ja selbst dritter Grösse sichtbar.

Hat man nun an einem Tage die Culmination zweier Sterne beobachtet, so ist die Zeit (nach Sternzeit gemessen), welche zwischen der Culmination des ersten und der des zweiten verstreicht, die in Zeit ausgedrückte Differenz der Rectascensionen beider Sterne.

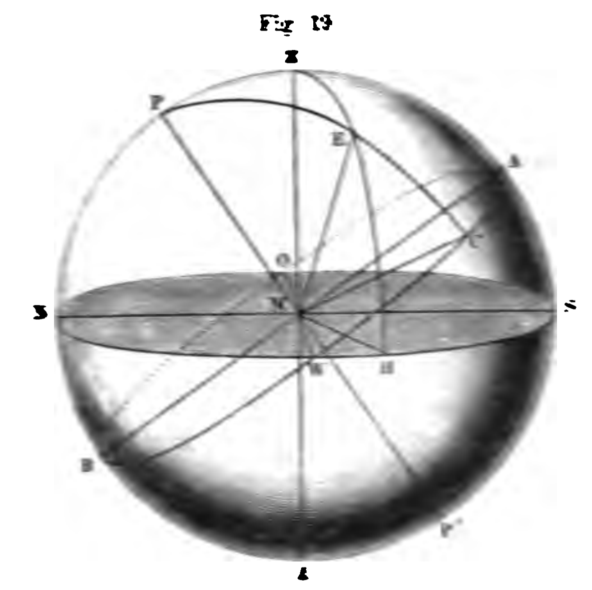
Hätte man z. B. an einem bestimmten Tage die Culmination von $\alpha$ arietis an einer nach mittlerer Sonnenzeit gehenden Uhr um $4^h\, 30'\, 18''$ Nachmittags beobachtet, die Culmination von $\alpha$ tauri aber um $6^h\, 58'\, 28''$, so ist der fragliche Zeitunterschied $2^h\, 28'\, 10''$ mittlerer Sonnenzeit oder $2^h\, 28'\, 35''$ Sternzeit. Die Rectascension von $\alpha$ tauri wäre demnach um $2^h\, 28'\, 35''$ oder als Winkel ausgedrückt um $37^0\, 9'\, 45''$ grösser als die Rectascension von $\alpha$ arietis, d. h. mit anderen Worten, der Stundenkreis von $\alpha$ arietis macht mit dem Stundenkreise von $\alpha$ tauri einen Winkel von $37^0\, 9'\, 45''$.

Ist also nur für einen einzigen Stern die Rectascension, d. h. der Abstand seines Stundenkreises vom Frühlingspunkt bekannt, so kann man, von diesem Sterne ausgehend, nach der eben angegebenen Weise leicht die Rectascension aller übrigen Sterne ermitteln. Auf welche Weise aber der Abstand irgend eines Stundenkreises vom Frühlingspunkte bestimmt wird, das kann erst im dritten Capitel besprochen werden.

Um die Declination eines Sternes zu bestimmen, hat man nur das Fernrohr so zu richten, dass der Stern zur Zeit seiner Culmination gerade hinter dem horizontalen Faden des Fernrohrs steht, und dann die Höhe des Sternes an dem Verticalkreise abzulesen; zieht man von dieser Höhe den Winkel ab, welchen der Aequator mit dem Horizont macht, also den Bogen $AS$, Fig. 19 a. f. S., so erhält man die Declination des Sternes.

Es ist $AS = PZ = 90^0 - PN$, d. h. $90^0$ — der Polhöhe, da man den Bogen $NP$ oder den Winkel $NMP$, welchen die Weltaxe mit dem Horizont macht, die Polhöhe nennt.

Fig. 19.




Gesetzt, man habe an einem Ort, für welchen die Polhöhe gerade $50^0$ beträgt, die Höhe von $\alpha$ tauri zur Zeit der Culmination gleich $56^0\ 12'\ 49''$ gefunden, so ist die Declination dieses Sternes gleich $56^0\ 12'\ 49'' - 40^0 = 16^0\ 12'\ 49''$, denn wenn die Polhöhe $NP$ $50^0$ beträgt, so ist $PZ = SA = 40^0$.

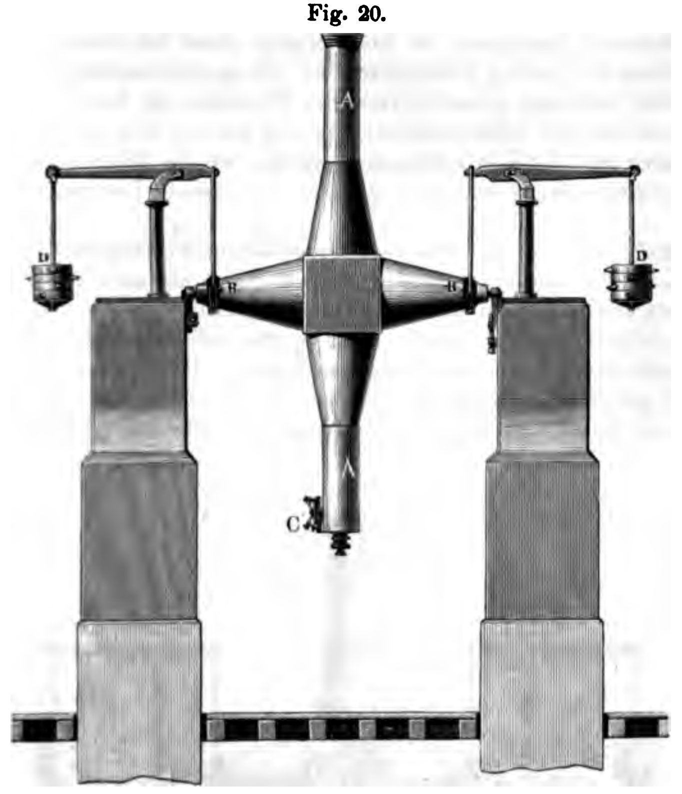
Da die Bestimmung der Declination und Rectascension der Gestirne durch Beobachtungen im Meridian zu den wichtigsten Aufgaben der praktischen Astronomie gehört, so wendet man zu diesem Zwecke auf grösseren Sternwarten nicht das Theodolit an, dessen Horizontalkreis hier ohnehin entbehrlich ist, sondern andere lediglich zu diesem Zwecke dienende Instrumente, welche den Namen der Mittagskreise und der Passageinstrumente führen.

Der Mittagskreis oder Meridiankreis ist ein mit einem Fernrohr verbundener Höhenkreis von bedeutenden Dimensionen (man hat solche von 3 bis zu 6 Fuss Durchmesser), der nur in der Ebene des Meridians drehbar ist. Soll das Instrument lediglich zur Bestimmung der Rectascension dienen, so kann auch der Höhenkreis wegfallen, es bedarf dann nur eines in der Meridianebene drehbaren Fernrohrs, welches dann ein Mittagsrohr oder Passageninstrument genannt wird.

Fig. 20 stellt ein Mittagsrohr dar. $AA$ ist das Fernrohr, welches um eine horizontale Axe $B$ gedreht werden kann, die in zwei cylindrischen Zapfen endigt. Diese Zapfen ruhen auf Lagern, welche von massiven

steinernen Pfeilern getragen werden. Diese Pfeiler sind für sich besonders fundamentirt und stehen mit dem übrigen Gebäude, in welchem das

Fig. 20.



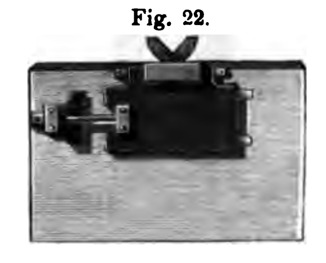

Passageinstrument aufgestellt ist, in keiner Verbindung; sie gehen frei durch den Fussboden des Zimmers hindurch, dessen Schwankungen und zufällige Bewegungen also gar keinen Einfluss auf das Instrument haben können.

Die Einrichtung der Zapfenlager für die Axe $B$ ist aus Fig. 21 und Fig. 22 zu ersehen. Das eine, Fig. 21, ist mittelst einer Schraube in verticaler Richtung verschiebbar, um eine vollkommene Horizontalität der

Fig. 21.



Fig. 22.

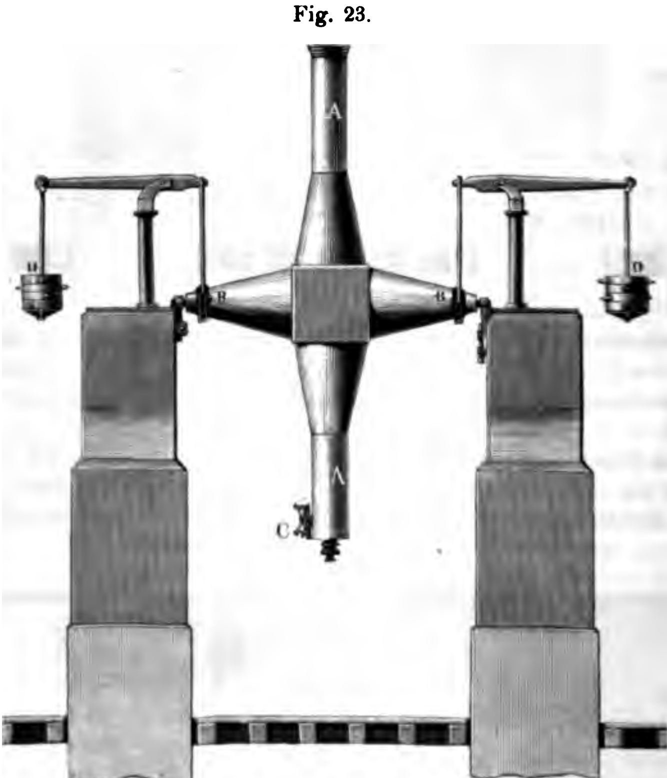


Axe $B$ herstellen zu können; das andere, Fig. 22, kann dagegen in horizontaler Richtung verschoben werden, was nöthig ist, um die verticale Umdrehungsebene des Fernrohrs genau in den Meridian zu bringen. — Zur genaueren Einstellung in den Meridian dient die Beobachtung der oberen und der unteren Culmination von Circumpolarsternen (§. 11).

Damit nicht das ganze Gewicht des Fernrohrs auf den Zapfenlagern ruht, wodurch eine bedeutende Reibung und mit der Zeit eine Abnutzung der Zapfen und der Lager entstehen würde, ist das Fernrohr durch die Gegengewichte $D$, welche den grössten Theil seiner Last tragen, äquilibrirt.

Das Gebäude, in welchem das Passageinstrument aufgestellt ist, muss sowohl an der nördlichen und südlichen Wand als auch an der Decke mit einer schmalen Oeffnung versehen sein, gerade als ob es in der Ebene des Meridians durchsägt wäre. Diese Spalte, welche erlaubt, das Fernrohr nach allen im Meridian gelegenen Punkten des Himmels zu richten, braucht jedoch nicht beständig offen zu sein, sie ist vielmehr durch eine Reihe von Klappen geschlossen, von denen jede für sich geöffnet werden kann.

Fig. 23.



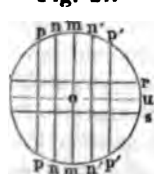
Da die Sterne bei Tage mit blossem Auge nicht sichtbar sind, man lso nicht aufsuchen kann, so muss man im Stande sein, das Fernauch ohne dies so zu richten, dass der zu beobachtende Stern im htsfelde des Fernrohres liegt. Man weiss vorher nahezu, in welcher über dem Horizont sich derselbe im Augenblick seiner Culmination det, man braucht also nur dem Mittagsrohr eine gleiche Neigung n den Horizont zu geben, damit der Stern das Gesichtsfeld passirt. iesem Zwecke ist das Fernrohr mit einem kleinen Höhenkreise verlen, welcher entweder an der Axe $B$ oder, wie es Fig. 23 zeigt, ärts am Rohre bei $C$ angebracht ist. Ein solcher kleiner Kreis t lediglich zum Richten des Fernrohres, und nicht zum Messen der ination.

Das Passageinstrument wird stets in Verbindung mit einer Pendelvon grosser Genauigkeit gebraucht, deren Pendelschläge deutlich hörsind. Einige Zeit, bevor der Stern den verticalen Faden erreicht, at der Beobachter nach der Uhr, um sich die Stellung der Zeiger zu cen, und zählt dann, in das Fernrohr blickend, die Secunden nach Schlage der Uhr weiter, bis zum Moment, wo er den Stern den veren Faden passiren sieht.

Die Uhr giebt die Zeit unmittelbar auf Secunden genau an, durch ng bringt es der Beobachter leicht dahin, noch Bruchtheile einer nde (etwa noch Zehntel-Secunden) zu schätzen.

Um eine grössere Genauigkeit der Resultate zu erlangen, hat man einfache Fadenkreuz, wie wir es S. 23 kennen gelernt haben, durch Reihe von Fäden ersetzt, welche so geordnet sind, wie man Fig. 24 sieht. Neben dem mittleren verticalen Faden sind nämlich in gleichen Abständen auf jeder Seite noch zwei andere ausgespannt. Man beobachtet nun für jeden dieser fünf Fäden den Zeitpunkt, in welchem der Stern ihn passirt, und nimmt dann aus jenen fünf Beobachtungen das Mittel als den Zeitpunkt der Culmination des Sternes.

Fig. 24.




Von der grössten Wichtigkeit für Rectascenbestimmungen sind die galvanisch registrirenden Uhren, he von dem Amerikaner Locke zuerst in Anwendung gebracht den. Wird bei jedem Schlage des Pendels einer astronomischen Uhr galvanische Kette geschlossen, in deren Schliessungsbogen eine dem rse'schen Telegraphen ähnliche Vorrichtung eingeschaltet ist, so wird Stift bei jedem Secundenschlage einen Punkt auf dem mit gleichiger Geschwindigkeit vorwärts bewegten Papierstreifen machen. Die hwindigkeit, mit welcher beim Locke'schen Apparate der Papierfen voranging, war der Art, dass die Secundenpunkte ungefähr einen von einander abstanden.

Neben dem Elektromagneten dieses Schreibapparates ist aber noch zweiter angebracht, dessen Windungen einer anderen Kette angehö-

ren, welche der Beobachter beliebig schliessen kann, indem er mit dem Finger eine Taste anschlägt. Durch die Schliessung dieser zweiten Kette wird nun gleichfalls ein Stift gegen den Papierstreifen gedrückt; bei wiederholtem Anschlagen entsteht so auf dem Papierstreifen neben der ersten Reihe von Punkten, den Secundenpunkten, eine zweite, welche wir Beobachtungspunkte nennen wollen.

Um den Moment einer Sternculmination zu erhalten, schaut der Beobachter in das Fernrohr, während er den Finger über die Taste hält, die er in dem Momente niederdrückt, in welchem der Stern hinter den Faden tritt. Auf diese Weise wird der Beobachtungsmoment auf dem Papierstreifen markirt.

Steht der Beobachtungspunkt neben einem Secundenpunkte, so ist der Beobachtungsmoment genau durch eine ganze Secundenzahl gegeben. Trifft der Beobachtungspunkt nicht neben einem Secundenpunkte, sondern zwischen zwei Secunden ein, so kann man mit dem Zirkel die Entfernung auf dem Papierstreifen abmessen und danach (mittelst einer Scala) bestimmen, wieviel Zehntel und, wenn man will, Hundertel einer Secunde noch zu der nächst vorhergehenden Secunde hinzukommen. So ist es möglich, den Zeitpunkt einer Beobachtung bis auf Hundertel-Secunden genau zu ermitteln.

Die grosse Genauigkeit der Ablesung ist ein wesentlicher Vorzug der galvanisch registrirenden Uhr, ausserdem aber gestattet diese Methode noch in gleicher Zeit ungleich mehr Beobachtungen anzustellen, als es vorher möglich war.

Bisher musste man die Uhr immer neben sich haben, um den Secundenschlag zu hören; konnte eine Beobachtung nicht gerade in der unmittelbaren Nähe der Uhr gemacht werden, so war dies, selbst wo alle Hülfsmittel gegeben waren, eine sehr umständliche Sache; bei einer registrirenden Uhr dagegen ist es ganz gleichgiltig, wo sie steht, da man die Drahtleitung leicht durch alle Zimmer einer Sternwarte führen kann; es ist nicht einmal erforderlich, dass die astronomische Uhr im Beobachtungssaale selbst ihren Platz habe, vielmehr erscheint es zweckmässiger, sie in einem Wohnzimmer oder Bureau — natürlich an einem isolirten Pfeiler — aufzustellen, wo sie keiner grossen Temperaturveränderung ausgesetzt ist und einen gleichmässigen Gang einhalten kann.

Eine registrirende Uhr lässt sich ferner noch mit dem elektrischen Telegraphen in Verbindung bringen und zu mannigfaltigen Zwecken benutzen. Dieselbe Uhr kann z. B. einen Registrirapparat an der Münchener und einen an der Wiener Sternwarte haben, und wenn an beiden Orten der Durchgang desselben Sterns durch den Meridian beobachtet wird, so lässt sich daraus mit einer bisher nie erreichten Sicherheit die geographische Längendifferenz ableiten.

Lamont ersetzte den Papierstreifen durch eine mit Russ geschwärzte Metalltrommel, welche durch ein Uhrwerk mit gleichförmiger Geschwindigkeit um eine horizontale Axe gedreht wird. Auf beiden

Seiten der Walze ragt die stählerne Umdrehungsaxe vor und ruht auf zwei messingenen Lagern. Die eine Hälfte dieser Axe ist nun mit einem Schraubengewinde versehen, so dass beim Umdrehen der Walze auch ein gleichförmiges Fortschieben derselben in der Richtung ihrer Längenaxe stattfindet; die Secundenpunkte, welche durch einen in Folge der Schliessung der Kette an die Walze angedrückten Stift hervorgebracht werden, bilden demnach auf derselben eine Spirale.

Die Beobachtungspunkte werden durch einen dicht neben dem ersteren angebrachten Stift markirt.

In neuerer Zeit hat man die galvanisch registrirenden Apparate durch Anwendung von Schwarzschreibern (Lehrbuch der Physik, 7. Aufl., 2. Bd., S. 409) wesentlich vervollkommnet.

Hat der Beobachter den Beobachtungsmoment in der besprochenen Weise markirt, so tritt er nun, um die Zeit dieses Momentes zu bestimmen, zur Uhr und markirt in gleicher Weise auf der Linie der Beobachtungsmarken den Moment eines zu notirenden Secundenschlages. Nehmen wir z. B. an, diese Zeitmarke sei um $3^h\ 25'\ 17''$ gemacht und man finde, dass der Zwischenraum zwischen ihm und der Beobachtungsmarke einer Zeitdauer von $52{,}7''$ entspreche, so ist der Beobachtungsmoment

$$3^h\ 25'\ 17'' - 52{,}7'' = 3^h\ 24'\ 14{,}3''.$$

**Das Aequatorealinstrument.** Stundenwinkel und Declination sind in Beziehung auf den Aequator ganz dasselbe, was Azimut und Höhe für den Horizont sind, es muss sich demnach auch ein Instrument construiren lassen, welches für den Aequator dasselbe leistet, wie das Theodolit für den Horizont, welches also in gleicher Weise die Messung des Stundenwinkels und der Declination möglich macht. Ein solches Instrument wird Aequatorealinstrument genannt. Man könnte jedes Theodolit in ein Aequatorealinstrument verwandeln, wenn man den Azimutalkreis in eine solche Stellung brächte, dass er dem Aequator parallel wäre; die Umdrehungsaxe des Kreises *C*, Fig. 12, würde alsdann mit der Weltaxe zusammenfallen, der Limbus *D* würde zur Ablesung der Stundenwinkel, der Kreis *A* zur Ablesung der Declination dienen. Eine solche Aufstellung des Theodolits würde aber eben so unbequem als unsicher sein, man hat deshalb das Aequatorealinstrument in anderer Weise construirt. 14

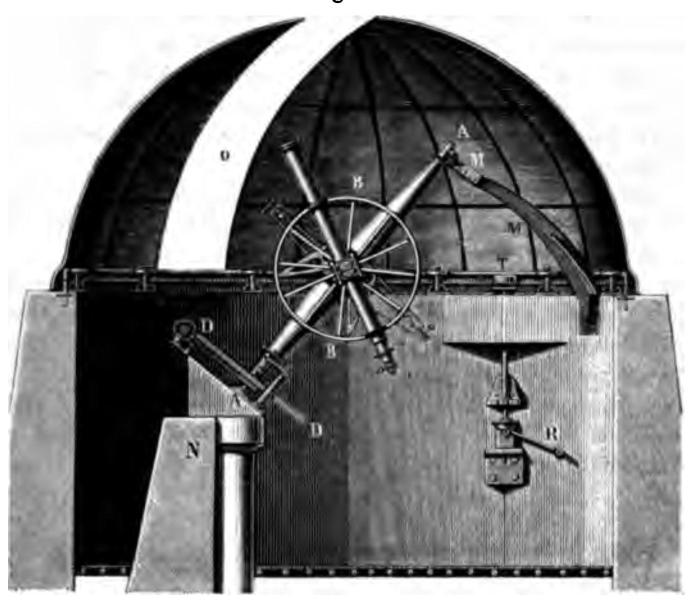
Fig. 25 (a. f. S.) stellt ein Aequatorealinstrument dar, wie sie auf Sternwarten gewöhnlich an einem erhöhten Orte des Gebäudes aufgestellt werden. Die der Weltaxe parallele Umdrehungsaxe *AA* ist unten durch einen steinernen Pfeiler *N*, oben aber durch einen gusseisernen Bügel *M* getragen. *DD* ist der in unserer Figur zur Linie verkürzt erscheinende Aequatorealkreis, *BB* ist der Declinationskreis.

Wenn der Declinationskreis *B* vertical steht, so befindet er sich in der Ebene des Meridians und alsdann zeigt der Index des Aequatorealkreises auf Null. Der Index des Declinationskreises steht auf Null, wenn

die Axe des Fernrohres in der Ebene des Aequators steht, wenn sie
einen rechten Winkel mit der Axe $AA$ macht.



Fig. 25.




Um das Instrument vor dem Einfluss der Witterung zu schüt
ist es mit einem gewöhnlich halbkugelförmigen Dache überdeckt,
ches eine durch Klappen verschliessbare Oeffnung $O$ hat. Das ga
Dach ruht auf Rollen, so dass man es leicht mit Hülfe der Kurbel $R$
seine verticale Axe drehen und die Oeffnung $O$ nach der Seite des H
mels hinbringen kann, welche man gerade beobachten will.

Die am Aequatorealinstrument gemachten Messungen sind bei V
tem nicht der Genauigkeit fähig, wie die im Meridian am Passageins
ment und Meridiankreis gemachten; man wendet deshalb auch das Aeq
torealinstrument zur Ortsbestimmung von Gestirnen nur dann an, w
die Umstände eine Beobachtung im Meridian nicht erlauben. Das Ae
torealinstrument leistet aber dem Astronomen noch andere sehr wes
liche Dienste. Bei einem stark vergrössernden Fernrohre erscheint a
die Geschwindigkeit vergrössert, mit welcher die Gestirne in Folge il
täglichen Bewegung fortschreiten, und in ganz kurzer Zeit ist das
sichtsfeld des Fernrohres durchlaufen; man muss also fortwährend
rücken, und zwar in verticaler und horizontaler Richtung, um den St
nicht aus dem Gesichtsfelde zu verlieren. Bei dem Aequatorealins
mente ist es nun ungleich leichter, dem Gestirne zu folgen. Ist ein
das Fernrohr des Instrumentes auf einen Stern gerichtet und dann
Declinationskreis festgestellt, so dass sich die Neigung des Fernrol

gegen die Axe *A* nicht mehr ändern kann, so wird bei einer Umdrehung um die Axe *A* die Visirlinie des Fernrohres am Himmelsgewölbe einen Kreis beschreiben, welcher mit der Bahn des Sternes zusammenfällt; es bedarf also nur einer langsamen Drehung um die eine Axe *A*, um das Gestirn im Gesichtsfelde zu behalten.

Die fragliche Drehung um die Axe *A* muss von der Art sein, dass in einer Minute (Sternzeit) der Drehungswinkel $^1/_4{}^0$, in einer Stunde $15^0$ beträgt, dass also zu einer vollständigen Umdrehung 24 Stunden Sternzeit nöthig sind. Um eine gleichförmige Umdrehung um die Axe *A* hervorzubringen, hat man bei grösseren Aequatorealinstrumenten in der That die Axe *A* mit einem Uhrwerke in Verbindung gebracht, so dass das Fernrohr der Bewegung des Gestirnes folgt, welches man beobachten will.

Nach diesem Princip sind denn auch die grossen mit dem Namen der Refractoren bezeichneten Fernröhre aufgestellt, welche dazu dienen, Beobachtungen über die Beschaffenheit einzelner Gestirne, z. B. des Mondes, des Saturn u. s. w., anzustellen. Bei solchen Instrumenten wird dann auch die Drehung der Hauptaxe durch ein Uhrwerk bewerkstelligt.

Fig. 26 (a. f. S.) ist die Totalansicht eines von Belthle und Rexroth in Wetzlar sehr übersichtlich construirten transportabeln Aequatorealinstrumentes, von welchem Fig. 27 den mittleren Theil in grösserem

Fig. 27.



Maassstab darstellt. •Die Hauptaxe des Instrumentes, welches bei richtiger Einstellung desselben mit der Weltaxe parallel sein muss, wird durch

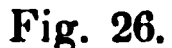


Fig. 26.




einen eisernen Zapfen gebildet, welcher in der messingenen Hülse $A$ drehbar ist. Wir wollen diese Axe als die Axe $x$ bezeichnen. Auf dem oberen Ende der Hülse $A$ ist der getheilte dem Erdäquator parallele Kreis $B$, also der Aequatorealkreis befestigt, während auf dem oberen Ende der in $A$ drehbaren eisernen Axe $x$ eine starke messingene Gabel

$C$ aufgeschraubt ist. Diese Gabel $C$ trägt nun das Fernrohr, welches zunächst um eine **rechtwinklig** zur Axe $x$ stehende Axe drehbar ist,

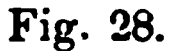


Fig. 28.




deren Zapfenlager sich im oberen Theil der Gabel $C$ befinden, und die wir als die Axe $y$ bezeichnen wollen.

An derselben Axe $y$, welche das Fernrohr trägt, ist der **Declinationskreis** $D$ befestigt, welcher sich mit dem Fernrohr dreht.

Der zum Declinationskreis gehörige Nonius $n$ ist an der Gabel $C$ befestigt. Er zeigt auf den Nullpunkt des Declinationskreises, wenn das Fernrohr rechtwinklig zur Weltaxe (also rechtwinklig zur Axe $x$) steht. In diesem Falle ist das Fernrohr gerade auf einen Punkt des Himmelsäquators gerichtet.

Aus dieser Lage hat man das Fernrohr sammt dem Declinationskreise um $t$ Grade mehr in die Höhe oder nach unten zu drehen, wenn man auf einen Stern einstellen will, dessen nördliche oder südliche Declination $t$ Grade beträgt.

Um das Fernrohr für eine bestimmte Declination $t$ festzustellen, hat man nur die Klemmschraube $s$, Fig. 28, anzuziehen. Es wird dadurch eine fernere Drehung um die Axe $y$ verhindert.

Der zum Aequatorealkreis $B$ gehörige Nonius ist an der Gabel $C$ befestigt und dreht sich mit dieser um die Axe $x$; er zeigt auf den Nullpunkt des Aequatorealkreises, wenn die Fernrohraxe gerade im Meridian steht.

In Fig. 26, in welcher dieser Nonius sichtbar sein sollte, ist derselbe des kleinen Maassstabes wegen weggelassen. In Fig. 28 ist er durch die Gabel $C$ verdeckt. Er steht der Klemmvorrichtung $k$ diametral gegenüber, durch welche die Gabel $C$ an den Kreis $B$ festgeklemmt, also eine weitere Umdrehung um die Axe $x$ verhindert werden kann.

$P$ ist ein Gewicht, welches zur Aequilibrirung des Fernrohres, und $o$ ist eine Wasserwage, welche zur richtigen Aufstellung des Instrumentes dient.

Ein solches Instrument führt gewöhnlich nur dann den Namen eines Aequatorealinstrumentes, wenn seine Kreise ziemlich gross und zu Messungen geeignet sind. Sind sie aber kleiner, so dass sie nur zur Einstellung des Fernrohres dienen, so wird das Instrument ein parallaktisch aufgestelltes Fernrohr oder ein Fernrohr mit parallaktischem Stativ genannt.

Auch bei Spiegelteleskopen wird die parallaktische Aufstellung in Anwendung gebracht. Fig. 29 stellt ein grosses Newton'sches Spiegel-

Fig. 29.



.eskop dar, welches Lassel in Sandfield-Park bei Liverpool parallak-
ch aufstellen liess. Der bei $A$ befindliche Hohlspiegel hat 4′ Durch-
esser und 36′ 7″ Brennweite. Das Rohr ist aus Streifen starken Eisen-
echs so zusammengesetzt, dass zwischen je zwei solchen Streifen ein
eier Raum bleibt, dass also die Luft im Inneren des Rohres nach allen
iten hin frei mit der äusseren communicirt. Bei $S$ ist der Planspiegel
ıgebracht, welcher die vom Hohlspiegel $A$ kommenden Strahlen gegen
ıs an der Seite des Rohres befindliche Ocular reflectirt.

Zunächst ist das ganze Instrument um die Axe des Kegels $n$ dreh-
ır, welche mit der Richtung der Weltaxe zusammenfällt; dann aber
ınn, wie man aus der Figur ohne weitere Erläuterung sieht, der Win-
:l des Rohres gegen die Weltaxe beliebig verändert werden.

Die Umdrehung des Instrumentes um die Weltaxe geschieht durch
nen Arbeiter mittelst der Kurbel $H$. Die Einrichtung ist so getroffen,
ass das Rohr dem täglichen Lauf der Gestirne folgt, wenn der Arbeiter
ie Kurbel einmal in der Secunde umdreht.

Der Beobachter steht auf einem Thürmchen von Holz, welches auf
inem ringförmigen um eine verticale Axe drehbaren Holzgestelle steht;
ie Umdrehung derselben wird durch einen in dem Häuschen $K$ sitzen-
.en, eine Kurbel drehenden Arbeiter besorgt, und hat zum Zweck, den
Beobachter dem continuirlich bewegten Rohre nachzuführen.

Eine andere parallaktische Aufstellung von Spiegelteleskopen ist be-
reits in der 7. Aufl. des Lehrbuchs der Physik, Bd. I, Seite 733, Fig. 797,
dargestellt.

Zweites Capitel.

# Gestalt, Grösse und Axendrehung der Erde.

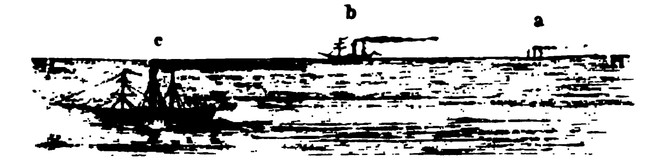
---

15 **Krümmung der Erdoberfläche.** Bisher haben wir die Erdoberfläche als eine Ebene betrachtet, wie sie, die Unebenheiten der Gebirge abgerechnet, auf den ersten Anblick wohl auch erscheinen mag; eine aufmerksame Beobachtung der Meeresoberfläche zeigt uns aber schon, dass die Erdoberfläche gekrümmt sein muss.

Wenn man von einem etwas erhöhten Standpunkte, sei es von einem Thurme oder einem Berge am Ufer, oder von den Masten eines Schiffes aus, auf das offene Meer hinausschaut, so sieht man von einem hinlänglich entfernten Schiffe nur die Spitzen der Masten oder des Schornsteins wie es bei *a*, Fig. 30, dargestellt ist. Wenn sich das Schiff dem Beob-



Fig. 30.




achter nähert, so scheint es allmälig aus dem Wasser aufzutauchen, l es endlich vollständig sichtbar wird und nun gerade auf der Gränzlin *HH* zwischen Himmel und Meer zu ruhen scheint, wie bei *b*. Bei for dauernder Annäherung scheint nun das Schiff auf der Meeresoberfläcl von der Linie *HH* herabzusteigen, so dass es mehr und mehr, und wei der Beobachter hoch genug steht, endlich ganz auf die Meeresfläche pr jicirt erscheint, wie bei *c*.

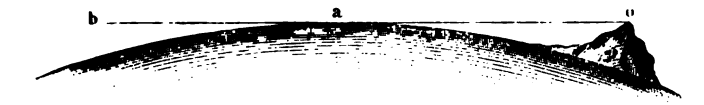
**Auch auf Landseen von einiger Ausdehnung zeigt sich die eben be-**
**·ochene Erscheinung; Fig. 31 stellt dieselbe dar, wie man sie auf dem**
**densee beobachtet, wenn man sich 10 bis 12 Fuss über dem Wasser-**
**.egel, etwa auf dem Verdeck eines Dampfschiffes, befindet. Um die**
**·nen Schiffchen hinlänglich deutlich zu sehen, muss man jedoch ein,**
**:nn auch schwach vergrösserndes Fernrohr anwenden.**

Fig. 31.



Diese Erscheinung zeigt offenbar, dass die Meeresoberfläche gekrümmt ei. Denkt man sich von dem Auge des Beobachters eine gerade .inie nach irgend einem Punkte der Linie $HH$, Fig. 30, gezogen, welche Vasser und Himmel scheidet und welche Horizontlinie genannt wird, o ist diese Linie offenbar eine Tangente der krummen Meeresober-läche, wie dies Fig. 32 erläutert, in welcher $o$ den Standpunkt des Be-

Fig. 32.

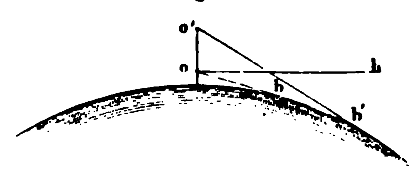



bachters, $oab$ eine Gesichtslinie bezeichnet, welche die Meeresoberfläche n $a$ streift.

Sieht der Beobachter nichts als Himmel und Meer, so begränzt die cheidelinie zwischen beiden, also die rings um ihn herumlaufende Hori-ontlinie, welche die Gesammtheit aller Punkte enthält, in welchen die on dem Auge ausgehenden Gesichtslinien die Meeresoberfläche tangiren, ine Fläche, welche wir den Gesichtskreis nennen wollen. Je höher an der Beobachter sich über den Spiegel des Meeres erhebt, desto mehr

wächst, wie dies durch Fig. 33 erläutert wird, der von ihm

Fig. 33.



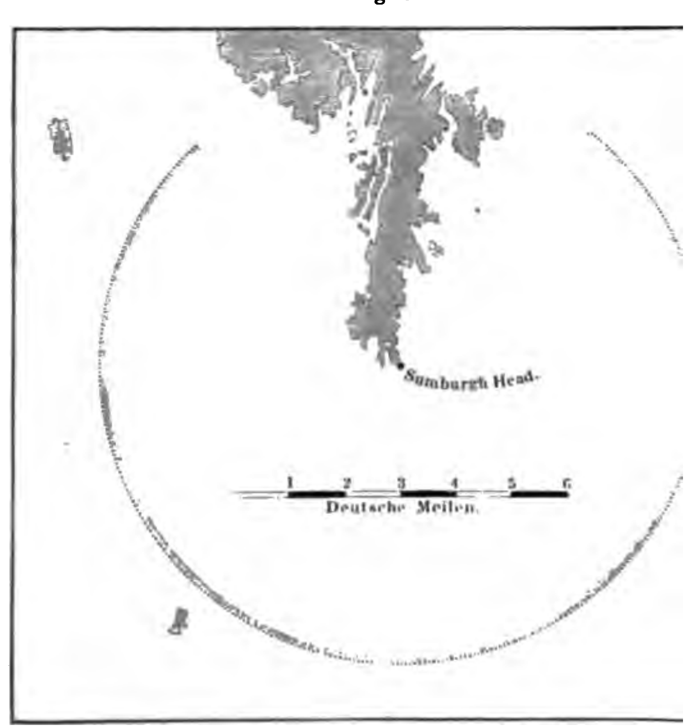

Gesichtskreis, desto mehr rückt die Horizontlinie von ihm
Halbmesser des Gesichtskreises ist ungefähr

| | | |
|---|---|---|
| 19 800', | wenn sich der Beobachter | 10' |
| 62 600 | " " " " | 100 |
| 198 000 | " " " " | 1 000 |
| 626 400 | " " " " | 10 000 |

hoch über dem Spiegel des Meeres befindet.

Fig. 34 stellt den Erleuchtungskreis des 280 Pariser F
Leuchtthurms von Sumburgh Head (der Südspitze von Main
grössten unter den shetländischen Inseln) dar, d. h. den Kreis,

Fig. 34.

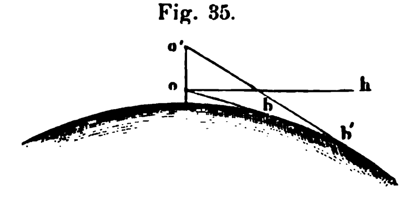





von dem Verdeck eines Schiffes das Feuer jenes Leuchtthurms r ist.

us dem Gesagten geht auch hervor, dass eine vom Auge des Beobachters nach einem Punkte der Horizontlinie gezogene Linie *ob* keineswegs mit der durch *o* gelegten wagerechten *oh* zusammenfällt, sondern dass die Visirlinie *ob* einen Winkel *boh* mit *oh* macht, welcher die Depres-

Fig. 35.

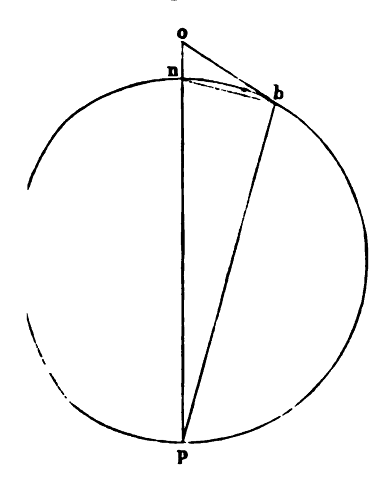



des Horizontes genannt wird. Die Depression des Horizontes : natürlich auch, wenn der Beobachter aufsteigt. Die Depression orizontes ist

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3,5′ | für | eine | Erhebung | von | 10′ |
| 11,0 | „ | „ | „ | „ | 100 |
| 34,7 | „ | „ | „ | „ | 1000 |
| 1° 50,0 | „ | „ | „ | „ | 10000 |

Alle diese Erscheinungen deuten nun darauf hin, dass wenigstens leeresoberfläche kugelförmig gekrümmt sei. Da aber die Oberfläche leere viel grösser ist als die der Länder, da ferner die Erhebung der Continente über den Meeresspiegel verhältnissmässig ganz unbedeutend ist, so können wir schliessen, dass die ganze Erde eine Kugel sei.

Fig. 36.




Gehen wir von dieser Annahme aus, so können wir aus den oben mitgetheilten Werthen für den Radius des Gesichtskreises die Grösse des Erdhalbmessers berechnen. Der Kreis Fig. 36 stelle einen Durchschnitt der Erdkugel dar, so ist *np* ein Durchmesser derselben. *o* sei nun der Standpunkt des Beobachters, *ob* eine durch sein Auge an die Erdoberfläche gelegte Tangente, so sind die Dreiecke *nob* und *obp* einander ähnlich und man hat

$$no : ob = ob : op$$

daraus:

$$op = \frac{ob^2}{no}.$$

Wenn die Erhebung $no = 1000'$ ist, so ist $ob = 198\,000'$, es ist

$$op = \frac{198000^2}{1000} = 39\,204\,000.$$

Ziehen wir davon $no = 1000$ ab, so bleibt für den Durchmesser Erde $D = 39\,203\,000$ Fuss oder 1782 deutsche Meilen, da eine s Meile in runder Zahl gleich 22 000 Fuss ist.

Eine solche Bestimmungsweise des Erddurchmessers kann natü keine genauen Resultate liefern.

Sehr gut lassen sich aus geodetischen Höhenmessungen sowohl Krümmung der Erde nachweisen, als auch ihre Dimensionen annäh berechnen.

Wenn man nämlich von zwei möglichst weit von einander entfer Orten, die so gelegen sind, dass man von jedem aus den anderen s kann, den Winkel misst, welchen an jedem dieser Orte die Verticale selben mit der beide Orte verbindenden Visirlinie macht, so beträgt Summe dieser Winkel nicht 180°, wie es sein müsste, wenn die Ver len beider Orte parallel wären. Aus der Differenz dieser Winkelsu von 180° lässt sich der Halbmesser der Erde berechnen, wenn die fernung beider Orte bekannt ist.

Ein Beispiel mag dies erläutern. Nach den vom Obristen K im Jahre 1833 mit einem achtzölligen Höhenkreise gemachten Mes gen macht die Visirlinie $SD$ vom Strassburger Münster nach dem R des Durlacher Wartthurms mit der Verticalen $SC$ einen Winkel 89° 48', während der Winkel $SDM$ gleich 89° 35' gefunden wu Da die Summe dieser beiden Winkel, 179° 23', kleiner ist als 180°, sind also die Linien $SC$ und $DM$ nicht parallel, sondern sie conve

Fig. 37.




ren, und der Winkel, unter welchem sie im Mittelpunkte der Erde ( kommene Kugelgestalt vorausgesetzt) zusammentreffen, ist 180° (179° 23') = 37'.

Da nun aber die Entfernung des Strassburger Münsters vom lacher Wartthurme 71 058 Meter beträgt, so hat man, um zu berech wie lang $^1/_4$ des Erdumfanges ist, die Proportion:

$$37' : 71\,058^{m} = 90^{0} : x$$

$$37' : 71\,058^{m} = 5400' : x,$$

$$x = 10\,370\,000 \text{ Meter.}$$

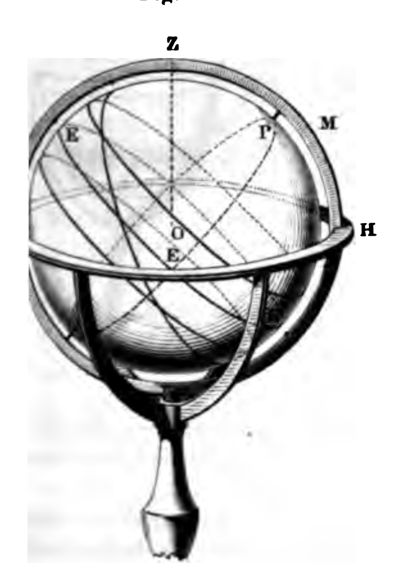
mnach würde sich die Länge des Erdhalbmessers gleich 900 Mei-
·ben. Um ein genaueres Resultat zu erhalten, müsste man an
nessenen Winkeln erst eine Correction wegen der atmosphärischen
ıbrechung anbringen, wovon aber hier noch nicht die Rede sein

eitere Beweise für die Kugelgestalt der Erde liefern die sogenann-
sen um die Welt und die Gestalt des Erdschattens, wie man sie
ıdfinsternissen zu beobachten Gelegenheit hat; am entschieden-
er ergiebt sie sich, wenn man mit Aufmerksamkeit den Anblick
tirnten Himmels in verschiedenen Gegenden vergleicht.

**estimmung der Kugelgestalt durch astronomische** 16
**chtungen.** Im vorigen Capitel wurde bereits angeführt, dass
mittlere Deutschland die Weltaxe ungefähr einen Winkel von
den, und also die Ebene des Aequators einen Winkel von 40 Gra-
der Ebene des Horizontes mache. Das ändert sich nun, sobald
ch Norden oder nach Süden reist.

weiter man nach Norden geht, desto mehr steigt der Polarstern
Höhe, während der Himmelsäquator sich in gleichem Maasse gegen die Ebene des Horizontes senkt. Es nimmt also die Zahl der Sterne zu, welche nicht auf- und nicht untergehen; dagegen wird aber auch ein immer grösserer Theil der südlichen Hälfte der Himmelskugel ganz unsichtbar, der Gürtel der Sterne, welche auf- und untergehen, wird immer schmäler.


Fig. 38.



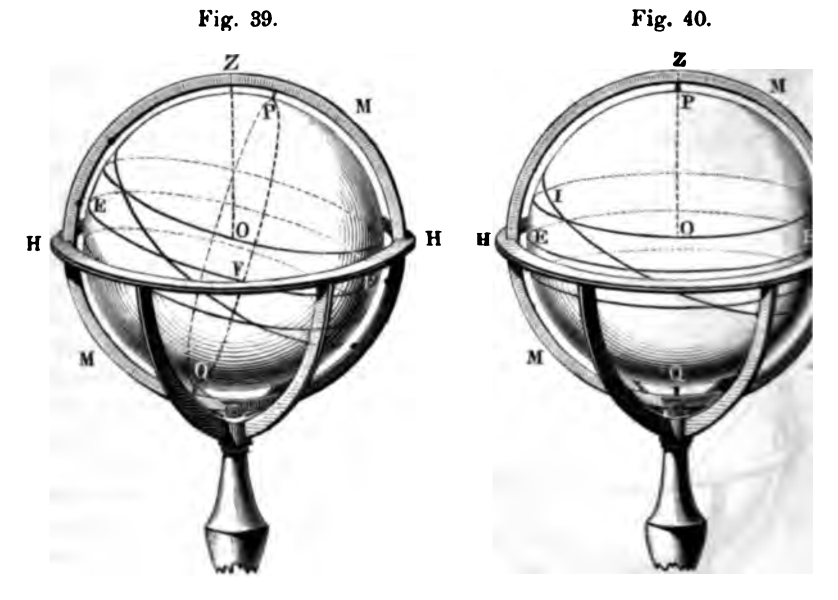

Am besten kann man sich diese Veränderungen anschaulich machen, wenn man einen Himmelsglobus zur Hand nimmt. Fig. 38 zeigt einen Himmelsglobus in derjenigen Stellung, wie sie den Erscheinungen des gestirnten Himmels im mittleren Deutschland entspricht; der Nordpol des Himmels steht 50⁰ über der Ebene des Ho-

rizontes, mit welcher der Himmelsäquator einen Winkel von
macht.

Soll der Himmelsglobus die Erscheinungen nördlicher gelege
Gegenden darstellen, so muss man den Messingring *M* so drehen, d
die Axe *P Q* sich mehr und mehr der Verticalen nähert. In der S
lung Fig. 39 z. B. zeigt der Himmelsglobus die Erscheinungen des
stirnten Himmels, wie sie ungefähr an den nördlichsten Gränzen Euro
wahrgenommen werden. Die Zenithdistanz des Polarsterns beträgt ke
$20^0$ mehr, die Plejaden gehen nicht mehr unter, sondern man sieht i
obere und ihre untere Culmination. Sirius und Spica erheben sich
südlichen Himmel kaum noch über den Horizont, während Antares
Scorpion und Fomalhaut im südlichen Fisch gar nicht mehr sichtl
werden.

Könnte man vom Nordcap aus noch so weit nach Norden fortgeh
wie das Nordcap von Frankfurt am Main liegt, so würde man zu ein
Punkte kommen, wo der Nordpol des Himmels im Zenith liegt und
Himmelsäquator in die Ebene des Horizontes fällt, wie es Fig. 40 d
stellt. Hier ist nur noch die nördliche Hemisphäre des Himmels sic

Fig. 39. Fig. 40.




bar. Alle sichtbaren Sterne beschreiben während ihrer täglichen
wegung Kreise, welche mit dem Horizont parallel sind, die Höhe ei
Sternes bleibt also stets unverändert.

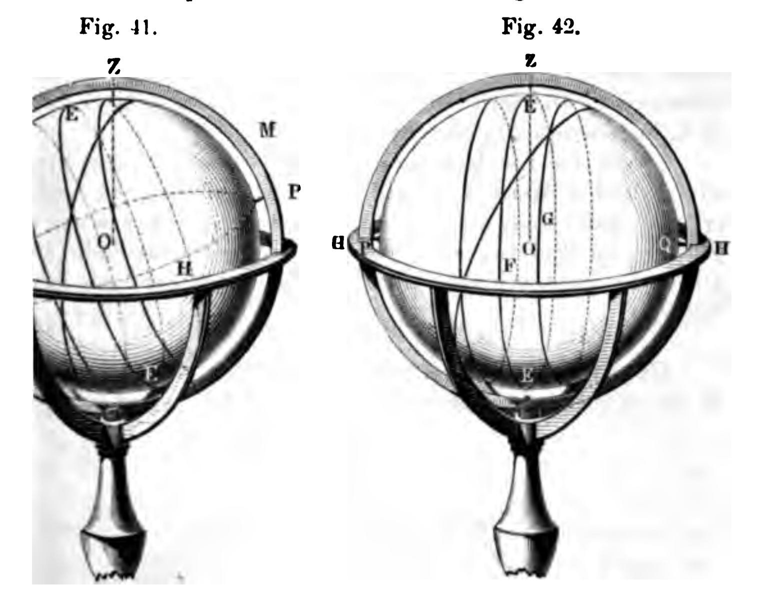
Verfolgen wir nun auch die Veränderungen, welche der gestir
Himmel darbieten wird, wenn man vom mittleren Deutschland aus n
Süden geht. Der Nordpol des Himmels senkt sich immer mehr

einer wird der Kreis der Sterne, welche nicht auf- und nicht
'n. Auf den Inseln des grünen Vorgebirges z. B. ist der Polar-
noch 15° über dem Horizont.

Sternbild des grossen Bären gehört hier nicht mehr zu denen,
ets über dem Horizont bleiben; dagegen bleibt auch nur ein
heil des südlichen Himmels unsichtbar, und das schöne Stern-
Kreuzes glänzt am südlichen Himmel. Fig. 41 stellt ungefähr
ug der Himmelskugel gegen den Horizont dar, wie sie auf den
grünen Vorgebirges beobachtet wird.

weiter nach Süden fortschreitend, gelangt man endlich an
der Himmelsäquator im Zenith erscheint, Fig. 42, wie dies z. B.

Fig. 41. Fig. 42.




der Fall ist. Nach Norden hin sieht man den Nordpol, nach
den Südpol des Himmels im Horizont. Alle Parallelkreise des
stehen rechtwinklig auf der Ebene des Horizontes. Kein Stern
els bleibt beständig über, keiner beständig unter dem Horizont,
terne ist der Tagbogen dem Nachtbogen gleich.

man den Weg nach Süden hin immer noch weiter fort, so
det der Nordpol des Himmels unter dem Horizont, der Südpol
steigt höher und höher.

diesen eben besprochenen Erscheinungen geht hervor, dass die
er Richtung von Norden nach Süden hin gekrümmt sein muss,
ziemlich gleichförmig; denn für je 342 000 Fuss, um welche
de nach Norden hin fortschreitet, erhebt sich der Polarstern un-
1° mehr über den Horizont.

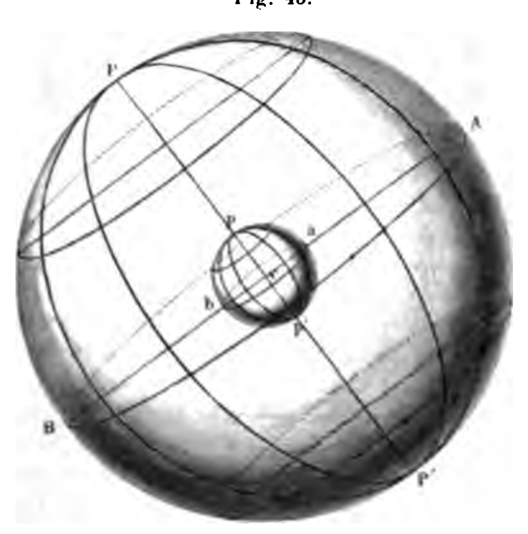
Ebenso ist aber auch die Erde in der Richtung von Ost nach West gekrümmt. Reist man gerade nach Westen hin, so ändert sich zwar der Anblick des gestirnten Himmels durchaus nicht; aber die Zeit des Auf- und Unterganges der Gestirne, die Zeit ihrer Culmination ist nicht dieselbe. In demselben Moment, in welchem die Sonne in London aufgeht, ist sie zu Berlin schon bald eine Stunde lang über dem Horizont; und die Zeit des Mittags von Quito fällt mit der Zeit der Mitternacht von Sumatra zusammen.

Von der Richtigkeit dieser Behauptung kann sich jeder Reisende mit Hülfe einer guten Uhr überzeugen. Nehmen wir an, die Uhr sei nach Berliner Zeit gerichtet, d. h. sie gehe so, dass sie für Berlin stets die richtige Zeit angiebt, so wird diese Uhr, wenn man dieselbe, ohne sie zu verstellen, an westlicher gelegene Orte bringt, stets vor der Uhr dieser Orte vorgehen, und zwar um so mehr, je weiter man nach Westen fortschreitet. Die nach Berliner Zeit gehende Uhr geht in London nahezu 1, in Newyork $5^{1}/_{2}$ Stunden vor.

Fassen wir dies Alles zusammen, so ergiebt sich, dass die Erde überall in gleicher Weise von Nord nach Süd und von Ost nach West gekrümmt, kurz, dass sie eine Kugel ist, und zwar muss diese Kugel frei im Weltraume schweben, weil es keine Stelle des Himmels giebt, die nicht von den entsprechenden Orten der Erde aus frei sichtbar wäre.

17 **Geographische Länge und Breite.** Fig. 43 stellt die mitten in der Himmelskugel schwebende Erdkugel dar, wobei jedoch zu beden-

Fig. 43.



n ist, dass die Dimensionen der Erdkugel verschwindend klein sind im
rgleich zu denen der Himmelskugel, was man in der Zeichnung frei-
h nicht richtig darstellen kann. Die Weltaxe $PP'$ geht mitten durch
e Erdkugel hindurch und trifft ihre Oberfläche in zwei Punkten $pp'$,
lche die Pole der Erde sind; $p$ ist der Nordpol, $p'$ ist der Süd-
ol der Erde.

Die Ebene des Himmelsäquators schneidet die Erde in einem Kreise
$bc$, welcher der Aequator der Erde ist.

Denken wir uns an irgend eine Stelle der Erdoberfläche eine Be-
ihrungsebene gelegt, so ist dies der scheinbare Horizont, d. h. der
orizont, welcher dem auf der Erdoberfläche befindlichen Beobachter in
r That die sichtbare Hälfte der Himmelskugel begränzt. Es ist klar,
ss ein auf dem Nordpol der Erde stehender Beobachter den Nordpol
s Himmels im Zenith hat, dass dagegen für einen auf dem Erdäqua-
r stehenden Beobachter ein Punkt des Himmelsäquators das Zenith bil-
t, kurz, dass bei Veränderung des Standpunktes auf der Erde der An-
ick des Himmels sich in der Weise ändern müsse, wie wir es im vori-
n Paragraphen gesehen haben.

Eine parallel mit dem scheinbaren Horizont durch den Mittelpunkt
r Erde gelegte Ebene ist der wahre Horizont. Der Abstand des
ahren Horizontes vom scheinbaren ist so klein im Vergleich zu den
imensionen des Himmelsgewölbes, dass der Anblick des gestirnten Him-
els für den auf der Oberfläche der Erde befindlichen Beobachter der-
lbe ist, als ob er sich im Mittelpunkte des wahren Horizontes befände.

Den Stundenkreisen und Parallelkreisen auf der Himmelskugel ent-
prechend denkt man sich auch auf der Erdkugel ein System von Krei-
en gezogen. — Diejenigen grössten Kreise, welche durch die beiden
'ole $p$ und $p'$ der Erde gehen, welche also den Stundenkreisen der Him-
nelskugel entsprechen, werden Längenkreise, Meridiankreise oder
ur Meridiane genannt. Die mit dem Aequator parallelen Kreise heis-
en Parallelkreise oder Breitekreise.

Mittelst dieser Kreise findet die Ortsbestimmung auf der Oberfläche
der Erdkugel ganz in derselben Weise Statt, wie die Ortsbestimmung
am Himmel, durch Declination und Rectascension. Was für die Him-
melskugel die Declination ist, das ist die geographische Breite
für die Erdkugel; die geographische Länge hat für die Erd-
kugel dieselbe Bedeutung wie die Rectascension für die Him-
melskugel.

Die geographische Breite eines Ortes ist der auf seinem Me-
ridian gemessene Bogen von dem Orte bis zum Erdäquator. So ist z. B.
die geographische Breite von Freiburg 48°, Freiburg ist also noch um
42 Breitegrade vom Nordpol der Erde entfernt, da der Bogen vom Pol
bis zum Aequator 90° beträgt.

Die geographische Länge eines Ortes ist der auf dem Aequa-
tor gezählte Winkel oder Bogen, welcher zwischen dem Meridian des

Ortes und irgend einem bestimmten zum Ausgangspunkte der Zählung gewählten Meridian liegt.

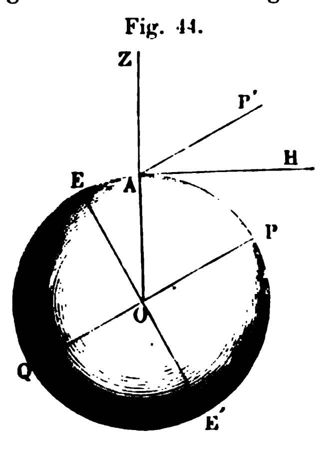
Gewöhnlich zählt man die Länge von dem durch die Insel Ferro gelegten Meridian.

So ist denn die Lage von Freiburg vollkommen bestimmt, wenn man sagt, es liege in einer nördlichen Breite von 48° und seine geographische Länge sei (ungefähr) 25½° östlich von Ferro.

Die Engländer nehmen den Meridian von Greenwich, die Franzosen den von Paris zum Ausgangspunkte für die Zählung der geographischen Länge.

18 **Bestimmung der geographischen Breite eines Ortes.** Fig. 44 stelle die Erdkugel dar. $PQ$ sei die Erdaxe, $EE'$ der zu Linie verkürzt erscheinende Erdäquator; es sei ferner $A$ irgend ein Ort auf der Erdoberfläche, so ist der Bogen $EA$ die geographische Breite desselben. Denken wir uns nun von $A$ aus eine gerade Linie $AP'$ parallel mit der Erdaxe gezogen, so trifft die Verlängerung dieser Linie gerade den Himmelspol (da ja die Dimensionen der Erde verschwindend klein sind gegen die des Himmelsraumes). Der Winkel aber, welchen $AP'$ mit $AH$, der Ebene des Horizontes von $A$, macht, ist aber offenbar gleich dem Winkel $EOA$, oder mit anderen Worten: die geographische Breite eines Ortes ist seiner Polhöhe gleich.

Fig. 44.




Um die geographische Breite eines Ortes zu ermitteln, hat man also nur zu messen, um wie viel Grade der an diesem Orte sichtbare Himmelspol über der Ebene des Horizontes steht.

Da aber der Himmelspol nicht durch einen bestimmten Stern bezeichnet ist, so kann man die Polhöhe nicht durch eine einzige directe Messung finden; sie ergiebt sich aber sehr einfach aus der Beobachtung der oberen und unteren Culmination der Circumpolarsterne. Hat man die Höhe eines der Circumpolarsterne zur Zeit der oberen und dann wieder zur Zeit der unteren Culmination gemessen, so hat man aus diesen beiden Winkeln nur das Mittel zu nehmen, um die Polhöhe zu finden.

Man hat z. B. zu Freiburg gefunden:

| | | |
|---|---|---|
| Höhe des Polarsterns zur Zeit der unteren Culmination | 46° | 32′ |
| „ „ „ „ „ „ oberen „ | 49 | 28, |

so ergiebt sich daraus die Polhöhe von Freiburg gleich 48°.

An Orten, wo die Localitäten oder auch die Einrichtung der Instrumente die Beobachtung der Circumpolarsterne nicht zulassen, kann

ı auch aus der Höhe eines anderen Sternes zur Zeit seiner oberen
mination auf die geographische Breite des Beobachtungsortes schlies-
, da ja die Declination aller helleren Sterne wenigstens durch ge-
ıe Messungen auf den ersten Sternwarten ein- für allemal bekannt
(Cap. I. §. 12). Beobachtet man nun die Höhe eines Sternes zur Zeit
ıer Culmination, so hat man von derselben nur die Declination des
rnes abzuziehen (oder zu addiren, wenn die Declination eine südliche
, um zu erfahren, welchen Winkel der Himmelsäquator mit der Ebene
Horizontes macht. Dieser Winkel ist aber gleich der Zenithdistanz
Himmelspols und ergänzt also die Polhöhe (also auch die geogra-
ische Breite) zu 90°.

Bezeichnen wir mit $d$ die Declination, mit $h$ die beobachtete Culmi-
tionshöhe eines Sternes, so macht also der Himmelsäquator mit dem
rizont des Beobachtungsortes einen Winkel

$$p = h \mp d,$$

das obere Zeichen bei nördlicher Declination zu setzen ist. Die geo-
ıphische Breite $b$ des Ortes ist aber $90^0 - p$, also

$$b = 90^0 - h \pm d.$$

Man hat z. B. zu Freiburg die Höhe des Procyon ($\alpha$ canis minoris),
ssen nördliche Declination $5^0\ 38'$ ist, zur Zeit seiner Culmination gleich
° 38′ gefunden, und daraus ergiebt sich $42^0$ als Werth des Winkels,
lchen der Himmelsäquator mit dem Horizont von Freiburg macht, die
ographische Breite von Freiburg ist also $48^0$.

**Bestimmung der geographischen Länge.** Nach der obi- 19
n Definition wird die geographische Länge eines Ortes durch den Win-
l gemessen, welchen der Meridian desselben mit demjenigen Meridian
cht, den man zum Nullpunkte der geographischen Länge gewählt hat.

Um den Unterschied der geographischen Länge zweier Orte zu er-
tteln, muss man bestimmen, um wie viel Stunden die Culmination
ıes und desselben Sternes an dem einen Orte später eintritt als am
deren. Diese in Stunden ausgedrückte Zeitdifferenz hat man nur mit
zu multipliciren, um den gesuchten Längenunterschied in Graden
sgedrückt zu erhalten.

Diese Zeitdifferenz erhält man aber durch die Vergleichung zweier
ıren, von denen die eine nach der Zeit des ersten, die andere nach der
it des zweiten Ortes regulirt ist. Eine solche Vergleichung kann man
er nach verschiedenen Methoden ausführen.

Sind die beiden Orte, deren Längenunterschied man ermitteln will,
cht gar zu weit von einander entfernt, so wählt man zwischen beiden
ationen einen Punkt, etwa eine Bergspitze, einen Thurm u. s. w., wel-
er von beiden Orten aus zugleich gesehen werden kann, auf welchem
an ein vorher verabredetes Signal, etwa durch Anzünden einer kleinen
enge Pulver, gegeben wird. Die Beobachter an den beiden Stationen,
lche den Gang ihrer Uhren nach der Culmination eines und desselben

Sternes regulirt haben, notiren die Zeit, in welcher sie das Signal wahrnehmen, und aus der Vergleichung der notirten Zeitmomente ergiebt sich dann der verlangte Zeit- und Längenunterschied.

Wenn die beiden Orte durch einen elektrischen Telegraphen mit einander verbunden sind, so kann man sich desselben zur Bestimmung der Längenunterschiede bedienen, da die Geschwindigkeit des galvanischen Stromes so gross ist, dass man die Fortpflanzung des Signals von der einen Station zur anderen als momentan betrachten darf. Der Beobachter der einen Station notirt sich die Uhrzeit, in welcher er das elektrische Signal absendet, der andere beobachtet die Uhrzeit, in welcher er es wahrnimmt. Die Differenz dieser Uhrzeiten giebt den Längenunterschied. Dies Verfahren giebt sehr genaue Resultate und ist mit Erfolg in den vereinigten Staaten von Nordamerika in Anwendung gebracht worden.

Nach dieser Methode wurden auch am 13. und am 29. August 1852 Morgens zwischen 6 und 7 Uhr Versuche zur Bestimmung des Längenunterschiedes von Frankfurt a. M. und Berlin gemacht. Das Signal bestand in einem einfachen Drucke auf den Schlüssel des Telegraphen und wurde an dem anderen Ende der Telegraphenlinie als ein einfaches Knacken von nicht messbarer Dauer gehört. Bezeichnen wir mit $t_b$ die Berliner Zeit für den Moment eines solchen Signals, mit $t_f$ die gleichzeitige Frankfurter Zeit, so ergab sich für den fraglichen Längenunterschied beider Orte im Durchschnitt aus allen zu Berlin gegebenen Signalen (Jahresbericht des physikalischen Vereins zu Frankfurt a. M. für 1852 und 1853):

$$D = t_b - t_f = 18' \, 51{,}89'',$$

und das Mittel aus allen Frankfurter Signalen

$$D' = t_b - t_f = 18' \, 51{,}77''.$$

Wenn eine messbare Zeit $c$ zwischen der Abgabe und der Ankunft eines Signals verstriche, so hätte man, wenn sich $t_b$ und $t_f$ auf die Momente der Zeichengebung beziehen, die Differenz der Uhrzeiten des Abgangs und der Ankunft für die Berliner Signale

$$D = t_b - (t_f + c)$$

und für die Frankfurter Signale

$$D' = (t_b + c) - t_f.$$

Es müsste also die Differenz $D'$ für die Frankfurter Signale grösser sein als die entsprechende Differenz $D$ für die Berliner Signale. Da dies nun nicht der Fall ist, so liefern diese Versuche zugleich den Beweis, dass die Zeit, in welcher sich der galvanische Strom von Berlin nach Frankfurt fortpflanzt, in der That verschwindend klein ist.

Solche Signale sind aber nicht mehr anwendbar, wenn die beiden Orte zu weit von einander entfernt oder durch Meere getrennt sind. Statt der irdischen Signale muss man alsdann himmlische anwenden, d. h. man beobachtet den Moment, in welchem gewisse Erscheinungen am Himmel, die wir später noch besprechen werden, wie Sternbedeckungen, Verfinsterung von Jupiterstrabanten u. s. w. eintreten. Den Zeitpunkt, in wel-

iem diese Erscheinungen an irgend einer der Hauptsternwarten eintre-
n müssen, erfährt man aus den astronomischen Jahrbüchern, welche
n den Astronomen der wichtigsten Observatorien herausgegeben wer-
n und welche die für einige Jahre schon vorausberechneten Momente
eser Erscheinungen enthalten.

So enthält z. B. das Berliner astronomische Jahrbuch für 1853 die
igabe, dass am 20. Mai dieses Jahres eine Bedeckung des Sternes
virginis durch den Mond stattfinde, und zwar müsste der Stern für
rlin um $13^h$ 16,4′ am östlichen Mondrande eintreten. Lorey beob-
htete den Eintritt dieses Sternes zu Frankfurt a. M. an demselben
ge um $12^h$ 56,2′; demnach betrüge der Längenunterschied zwischen
rlin und Frankfurt 20′ 12″. An diesem Resultate sind aber noch
rrectionen anzubringen, welche hier nicht besprochen werden können.

Am einfachsten ergeben sich die Längendifferenzen durch Anwen-
ng guter, gleichförmig gehender Chronometer, welche man von dem
en Orte an den anderen mit hinnimmt. Diese Methode wird vor-
gsweise zur Längenbestimmung auf der See angewendet. Diese Chro-
meter werden für den Meridian irgend einer bedeutenden Sternwarte,
B. den von Greenwich, regulirt, sie geben also für jeden Augenblick
e Greenwicher Zeit an; man hat also nur die Zeit des Ortes, an wel-
em man sich befindet, mit der des Chronometers zu vergleichen, um
raus die Längendifferenz abzuleiten.

Eine nach dieser Methode gemachte Längenbestimmung wird natür-
ch um so genauer ausfallen, je regelmässiger und genauer der Gang der
hr ist. Wo es auf sehr grosse Genauigkeit ankommt, wendet man
leichzeitig mehrere Chronometer an und nimmt das Mittel aus allen ein-
elnen Bestimmungen; so wurde im Jahre 1824 die Länge von Altona,
Helgoland und Bremen in Beziehung auf die Sternwarte von Greenwich
lurch 35 Chronometer, mit welchen man sechsmal die Reise über das
Meer machte, und im Jahre 1843 wurde in gleicher Weise der Längen-
unterschied der Sternwarte von Pulkawa bei Petersburg und der von
Greenwich mit Hülfe von 68 vorzüglichen Chronometern bestimmt.

Wie man die Zeit des Beobachtungsortes selbst ermittelt, werden
wir später sehen.

Die umstehende Tabelle enthält die Länge und Breite einiger
Hauptsternwarten.

| Namen des Ortes. | Geographische Breite. + nördlich. — südlich. | Länge von Berlin in Zeit. + westlich. — östlich. | Oestliche Länge von Ferro in Bogen. |
|---|---|---|---|
| Berlin . . . . . | + 52° 30′ 16,7″ | + 0ʰ 0′ 0″ | 31° 3′ 30,0″ |
| Bonn . . . . . . | + 50 44 9,1 | + 0 25 8,5 | 24 46 22,5 |
| Greenwich . . . | + 51 28 38,2 | + 0 53 35,5 | 17 39 37,5 |
| Kasan . . . . . | + 55 47 23,0 | — 2 22 57,0 | 66 47 45,0 |
| Königsberg . . . | + 54 42 50,4 | — 0 28 25,0 | 38 9 45,0 |
| Madras . . . . . | + 13 4 9,2 | — 4 27 28,3 | 97 55 34,5 |
| München . . . . | + 48 8 45,0 | + 0 7 9,0 | 29 16 15,0 |
| Paramatta . . . | — 33 48 49,8 | — 9 10 30,8 | 168 41 12,0 |
| Pulkawa . . . . | + 59 46 18,6 | — 1 7 43,0 | 47 59 15,0 |
| Vorgeb. d. g. Hoff. | — 33 56 3,0 | — 0 20 19,5 | 36 8 22,5 |
| Washington . . . | + 38 53 32,8 | + 6 1 40,1 | 300 38 28,5 |
| Wien . . . . . . | + 48 12 35,5 | — 0 11 56,1 | 34 2 36,0 |

20) **Abplattung der Erde.** Wenn die Erde eine vollständige Kugel wäre, so müsste die Entfernung zweier auf demselben Meridian liegender Punkte, von denen der eine genau 1° nördlicher liegt als der andere, für alle Theile des Meridians genau dieselbe sein; der Bogen vom Aequator bis zu 1° nördlicher Breite müsste also genau so lang sein, wie der Bogen vom 89sten Breitegrade bis zum Pol.

Dies ist nun in der That nicht der Fall. Genaue Gradmessungen, welche in verschiedenen Gegenden der Erde vorgenommen wurden, haben gezeigt, dass die Länge eines Breitegrades mit der Entfernung vom Aequator zunimmt, wie man aus folgender Tabelle ersieht.

| Namen des Landes. | Mittlere Breite. | Länge eines Breitegrades. |
|---|---|---|
| Peru . . . . . | 1° 31′ | 56728,5 Toisen. |
| Indien . . . . . . | 12 32 | 56795,9 „ |
| Frankreich . . | 46 8 | 57024,6 „ |
| England . . . . | 52 2 | 57066,1 „ |
| Lappland . . . . | 66 20 | 57438,0 „ |

Die Meridiane sind also in der Nähe des Aequators stärker gekrümmt als an den Polen, der Aequatorealdurchmesser der Erde ist also grösser als der Polardurchmesser, oder mit anderen Worten, die Erde ist an den Polen abgeplattet.

Das Wesentlichste der geodätischen Operationen, durch welche dergleichen Gradmessungen ausgeführt werden, soll im nächsten Paragraphen besprochen werden.

Newton hatte die Abplattung der Erde aus theoretischen Gründen abgeleitet; allein es fehlte an genauen Gradmessungen, welche Newton's Behauptungen hätten bestätigen können, bis die französische Akademie der Wissenschaften gegen die Mitte des vorigen Jahrhunderts eine wissenschaftliche Expedition nach Peru und eine andere nach Lappland veranlasste, um daselbst genaue Gradmessungen anzustellen. Die Gradmessung in Peru wurde von Bouguer und Condamine, die in Lappland wurde von Maupertuis, Clairaut und Outhier ausgeführt. Die Resultate dieser Messungen setzten die Abplattung der Erde ausser Zweifel.

Als gegen Ende des vorigen Jahrhunderts der Nationalconvent in Frankreich ein neues Maass- und Gewichtssystem einführen wollte, entschied man sich dahin, dass die neue Längeneinheit in einem einfachen Verhältnisse zur Länge eines Erdmeridians stehen sollte, und verordnete deshalb, dass eine neue möglichst genaue Gradmessung ausgeführt werden sollte, mit welcher Delambre und Mechain beauftragt wurden. Sie führten die Messung des Meridianbogens von Dünkirchen bis Barcelona aus. Später ist auf demselben Meridian noch der Bogen von Barcelona bis Formentera (durch Biot und Arago) und von Dünkirchen bis Greenwich gemessen worden. Auch diese Messungen haben gezeigt, dass in der That die Länge eines Breitegrades nach Norden hin zunimmt. Zwischen Formentera und Montjouy ist die Länge eines Breitegrades 56955,4 Toisen, zwischen Dünkirchen und Greenwich ist sie 57097,6 Toisen.

Nachdem Delambre und Mechain ihre Messung beendigt hatten, wurde eine Commission von Gelehrten ernannt, um auf dieselbe das neue Maasssystem zu gründen. Die Commission combinirte diese in Frankreich ausgeführte Gradmessung mit den früher in Peru und Lappland erhaltenen Resultaten und folgerte daraus, dass der Erdmeridian eine Ellipse sei, deren Abplattung $^1/_{292}$ betrüge und deren vierter Theil (der Bogen vom Aequator bis zum Pol) 5 130 074 Toisen lang sei. Der zehnmillionste Theil des Erdmeridianquadranten wurde als Einheit des Längenmaasses angenommen und Meter genannt.

Das Meter wurde also zu 0,5130074 Toisen oder zu 3′ 11,296 Pariser Linien festgesetzt.

Seitdem hat man durch Discussion der älteren und neueren Gradmessungen, welche in verschiedenen Gegenden der Erde ausgeführt worden waren, gefunden, dass die Abplattung der Erde etwas kleiner sei, als die

französischen Gelehrten ermittelt hatten, dass sie $^{1}/_{299}$ betrage. Diese Modification im Werthe der Abplattung zieht eine entsprechende Aenderung in der Länge des Meridianquadranten nach sich, welcher in der That nicht 10 Millionen Meter, sondern 10 000 856 Meter lang ist.

Die halbe grosse Axe der Meridianellipse, also der Radius des Aequators, hat den erwähnten Messungen zufolge eine Länge von 6 377 398 Metern, die halbe kleine Axe dieser Ellipse aber, also die halbe Entfernung der beiden Erdpole ist 6 356 080 Meter lang.

Da 15 geographische oder deutsche Meilen auf einen Grad des Aequators gehen, so ist also der Umfang des Aequators 5400, der Aequatorealhalbmesser aber 860 deutsche Meilen. Der Polarhalbmesser ist ungefähr um 3 deutsche Meilen kleiner, als der Radius des Aequators.

Um sich eine deutliche Vorstellung von der Abplattung der Erde zu machen, denke man sich ein Umdrehungsellipsoid, dessen Aequatorealdurchmesser 1 Meter beträgt; es würde dann der Polardurchmesser, also die Umdrehungsaxe, ungefähr um 3 Millimeter kürzer sein müssen, wenn dieser Körper dem Erdellipsoid ähnlich sein sollte. Man begreift wohl, dass eine solche Abplattung dem blossen Auge ganz unmerklich ist und dass genaue Messungen nöthig sind, um sie nachzuweisen.

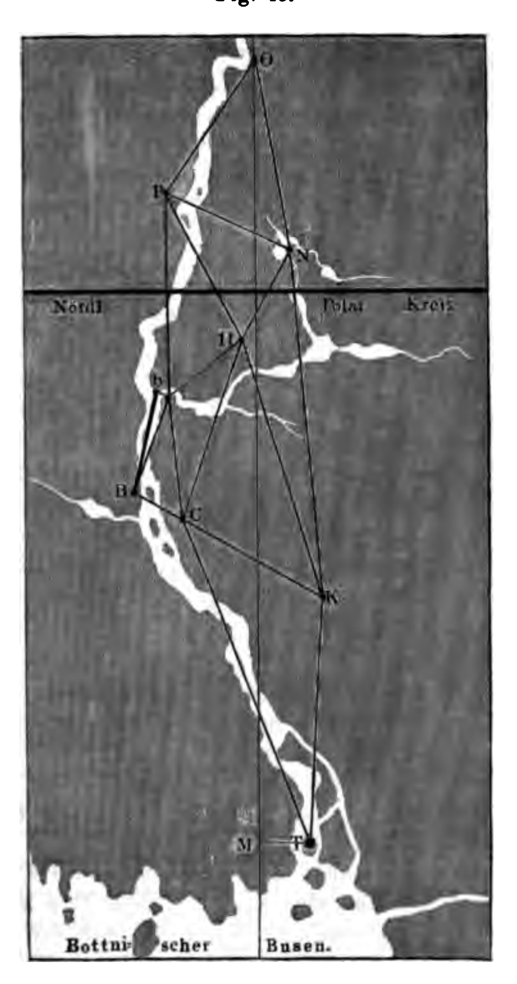
Bedenkt man, dass der höchste Gipfel des Dhawalagiri nur 7820 Meter über der Meeresfläche liegt und dass der Chimborazo nur 6530 Meter hoch ist, so sieht man leicht, dass die Erhebungen der mächtigsten Gebirge kaum in Betracht kommen können im Vergleich zu den Dimensionen der Erde. Auf einem Erdglobus von 1 Meter Durchmesser dürften die Gebirgszüge des Himalaya in Asien und der Andes von Südamerika noch nicht die Höhe von 1 Millimeter erreichen, wenn das richtige Grössenverhältniss eingehalten werden sollte.

21 **Gradmessungen.** Um die Dimensionen der Erdkugel zu erfahren, muss man die Länge eines Breitegrades ermitteln, d. h. man muss bestimmen, wie gross der nach irgend einem Längenmaass gemessene Abstand zweier Orte desselben Meridians ist, von welchem der eine um 1 Grad nördlicher liegt als der andere.

Eine solche Länge lässt sich nun nicht unmittelbar messen, und deshalb muss hier dasselbe Verfahren befolgt werden, welches überhaupt zur Vermessung grösserer Länderstrecken in Anwendung gebracht wird. Man denkt sich nämlich eine Reihe ausgezeichneter Punkte (Bergspitzen, Thürme u. s. w.) durch Visirlinien verbunden und so das ganze Land mit einem Dreiecksnetz bedeckt. Wenn man nun von diesem ganzen Dreiecksnetz nur die Länge einer einzigen Linie, der Basis, ausserdem aber die sämmtlichen Winkel der einzelnen Dreiecke gemessen hat, so kann man die Länge sämmtlicher Dreieckseiten, also auch den Längenabstand irgend zweier Punkte dieses Dreiecksnetzes berechnen.

So ist z. B. Fig. 45 das Bild eines von Maupertuis in Lappland ›ssenen Dreiecksnetzes, dessen nördlichster Punkt $O$ die Spitze eines ;es Kittis, der südlichste $T$ aber der Kirchthurm von Tornea am lichen Ende des Bottnischen Meerbusens ist.

Fig. 45.




Die Basis $bB$ dieses Dreiecksnetzes wurde auf dem Eise des Tor- lusses gemessen und gleich 7407 Toisen gefunden. An diese Basis te sich eine Reihe von Dreiecken an, in welchen sämmtliche Win- aber keine weitere Seite mehr gemessen wurde (in unserer Figur der Buchstabe $A$, welcher den dritten Punkt des kleinen Dreiecks $A$ bezeichnen soll). Man fand

| im Dreieck | den Winkel |
|---|---|
| *BbA* | bei *B* gleich 9° 30′<br>„ *b* „ 77° 32′ |
| *ABC* | bei *B* gleich 102° 42′<br>„ *A* „ 22° 37′ |
| *AHC* | bei *A* gleich 112° 21′<br>„ *C* „ 30° 57′ |
| *AHP* | bei *H* gleich 94° 54′<br>„ *A* „ 53° 46′ |
| *PNH* | bei *P* gleich 37° 22′<br>„ *H* „ 49° 13′ |
| *PNO* | bei *P* gleich 87° 52′<br>„ *N* „ 51° 53′ |
| *HCK* | bei *C* gleich 100° 10′<br>„ *H* „ 36° 5′ |
| *KTC* | bei *C* gleich 87° 9′<br>„ *K* „ 118° 28′ |

Die gemessenen Winkel sind hier absichtlich nur auf Minuten g angegeben, weil es sich hier ja nur darum handelt, die Methode Gradmessungen anschaulich zu machen.

Nach den gegebenen Daten kann man nun zunächst die Länge e jeden Seite dieses Dreiecksnetzes, also die Länge von *OP*, *ON*, *PH* u. s. w. berechnen.

Der nördlichste Punkt dieses Dreiecksnetzes, Kittis, und der lichste, Tornea, liegen nun aber nicht auf demselben Meridian. in *O* angestellte Messung ergab, dass das Azimuth der Visirlinie (Kittis-Pullingi) 28° 52′ beträgt oder, mit anderen Worten, dass Visirlinie *OP* einen Winkel von 28° 52′ mit dem Meridian der S des Berges Kittis macht. Danach ergiebt sich die Lage des Merid von Kittis wie sie in unserer Figur gezeichnet ist; Tornea liegt also lich vom Meridian von Kittis.

Denken wir uns von dem Kirchthurme von Tornea ein Perpen *TM* auf den Meridian von Kittis gefällt, so hat der Punkt *M* gl geographische Breite mit dem Kirchthurm von Tornea.

Nachdem einmal die Lage des Meridians von Kittis gegen die Linie P festgestellt ist, lässt sich nun auch der Winkel bestimmen, welchen le Seite des Dreiecksnetzes mit diesem Meridian macht. Hat man aber e Länge einer solchen Dreiecksseite bestimmt, so kann man auch e Länge ihrer Projection auf den Meridian von Kittis berechnen.

Denken wir uns nun die Linien $ON$, $NK$ und $KT$ auf den Melian von $O$ projicirt, so ist die Summe dieser drei Projectionen gleich $M$.

Oder es ist $OM$ gleich der Summe der Projectionen von $OP$, $PH$, $C$ und $CT$.

Oder es ist $OM$ gleich der Summe der Projectionen von $OP$, $PA$, $C$ und $CT$ u. s. w.

Es lässt sich also die Länge $OM$ aus verschiedenen Seitencombinanen berechnen, welche nahezu dasselbe Resultat geben. Als Mittel s den zuverlässigsten Combinationen ergab sich

$$OM = 54\,942 \text{ Toisen.}$$

Nachdem nun die Länge des Meridianbogens $OM$ ermittelt war, eb noch die Differenz der geographischen Breite von Kittis d Tornea zu bestimmen. Zu diesem Zweck wurde zuerst auf Kit- und nachher zu Tornea die Zenithdistanz des Sternes $\delta$ draconis r Zeit seines Durchgangs durch den Meridian gemessen. Die Diffez der beiden Zenithdistanzen ergab sich gleich

$$0^0\ 57'\ 26{,}9'',$$

mnach wäre also Kittis um 57′ 26,9″ nördlicher als Tornea. Aus der obachtung der Zenithdistanzen des Polarsterns aber ergab sich für die eitendifferenz zwischen Kittis und Tornea der Werth 57′ 30,35″. Als ittel ergiebt sich also für die Breitendifferenz der beiden Orte der Werth

$$57'\ 28{,}6''.$$

Nach diesen Daten lässt sich nun die Länge eines Breitegrades für ppland leicht bestimmen, denn man hat

$$57'\ 28{,}6'' : 1^0 = 54\,942^t : x$$

ler

$$3448{,}6 : 3600 = 54\,942 : x$$

s welcher Gleichung sich für $x$ der Werth 57 438 Toisen ergiebt. In ppland beträgt also nach den Messungen von Maupertuis die Länge nes Breitegrades

$$57\,438 \text{ Toisen.}$$

**Axendrehung der Erde.** Im vorigen Capitel haben wir die 22 gliche Bewegung der Himmelskugel sammt allen Gestirnen kennen gent, und es ist nun die Frage, wie diese Erscheinung zu erklären sei. f den ersten Anblick scheint es am einfachsten, dem unmittelbaren ndrucke sich hingebend, diese scheinbare Bewegung für eine wirkliche nehmen, d. h. also anzunehmen, dass die Erde feststehe und dass sich s ganze Himmelsgewölbe sammt allen Gestirnen in je 24 Stunden

wirklich um die Weltaxe, und zwar in der Richtung von Ost nach West umdrehe.

Diese Ansicht war im Alterthume und durch das ganze Mittelalter hindurch wirklich die herrschende. In dem Maasse aber, als sich die astronomischen Kenntnisse erweiterten, wurde die Hypothese einer wirklichen täglichen Umdrehung der Himmelskugel mehr und mehr unwahrscheinlich und musste endlich der Lehre von der Axendrehung der Erde weichen.

In der That lassen sich alle Erscheinungen der täglichen Bewegung der Gestirne auch durch die Hypothese vollkommen erklären, dass sich die Erde in 24 Stunden in der Richtung von West nach Ost, also der scheinbaren Bewegung des gestirnten Himmels entgegen, um ihre Axe dreht.

Untersuchen wir nun, welche Gründe gegen die wirkliche Rotation des Himmels und für die Axendrehung der Erde sprechen.

Die Dimensionen der Erde sind verschwindend klein gegen die Entfernung der Gestirne von uns; wenn sie also wirklich in 24 Stunden alle um die Erde herumlaufen sollten, so müsste die Geschwindigkeit dieser Bewegung eine ganz enorme sein.

Eine so grosse Geschwindigkeit ist an und für sich wenig wahrscheinlich, die Unwahrscheinlichkeit wurde aber noch auffallender, nachdem man zu der Ueberzeugung gekommen war, dass es keineswegs ein festes Himmelsgewölbe gebe, an welchem alle Gestirne gleichsam befestigt sind, dass keineswegs alle Sterne gleich weit von uns entfernt, dass wenigstens der Mond, die Sonne und die Planeten uns weit näher sind als die Fixsterne; denn nun hätte man, um die Erscheinungen der täglichen Bewegung ohne die Axendrehung der Erde zu erklären, annehmen müssen, dass die Gestirne in demselben Maasse schneller in ihren täglichen Bahnen fortlaufen, in welchen sie weiter entfernt sind.

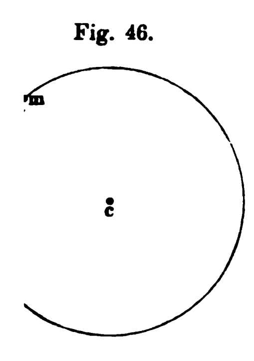
Die Unwahrscheinlichkeit einer solchen Annahme stieg bis zur Absurdität, nachdem man zu richtigen Vorstellungen über die Grösse und Entfernung der Gestirne gekommen war. Das Volumen der Sonne ist fast $1^1/_2$ Millionen Mal grösser, als das der Erde, und eine solche Masse sollte in 24 Stunden einen Kreis durchlaufen, dessen Halbmesser 20 Millionen Meilen ist, während die winzige Erde sich nicht einmal um ihre Axe dreht!?

Selbst wenn wir der Fixsterne, welche noch unendlich weiter entfernt sind als die Sonne, gar nicht gedenken, müssten solche Betrachtungen allein schon genügen, die Hypothese von einer wirklichen täglichen Bewegung der Gestirne zu beseitigen, während sich für die Axendrehung der Erde noch weitere Beweise beibringen lassen, die wir sogleich näher betrachten wollen.

Wenn sich die Erde wirklich um ihre Axe dreht, so muss sich die Schwungkraft auf ihrer Oberfläche geltend machen, und zwar muss sie um so bedeutender werden, je mehr man sich dem Aequator nähert.

in Körper *m*, welcher den Punkt *c* umkreist (Fig. 46), äussert fort-
ıd sein Streben, sich von diesem Mittelpunkte zu entfernen, und zwar ist der Weg *p*, um welchen sich *m* in einer Secunde von *c* entfernen würde, wenn andere Kräfte es nicht hinderten und ihn in der Kreisbahn zurückhielten, gleich $\frac{2\pi^2 r}{t^2}$ (Lehrb. 7. Aufl., I. Bd., S. 263), wenn *r* den Halbmesser der Kreisbahn, *t* die Umlaufszeit in Secunden und $\pi$ das Peripherieverhältniss 3,14 bezeichnet. Da $2\pi r$ gleich ist dem Umfang des Kreises, den wir mit *u* bezeichnen wollen, so ist auch

Fig. 46.




$$p = \frac{3{,}14 \,.\, u}{t^2}.$$

er Umfang *u* des Kreises, welchen ein auf dem Erdäquator befind-
Körper bei jeder vollen Umdrehung der Erde um ihre Axe zu-
legen hat, ist nahezu gleich 40 000 000 Meter, die Umlaufszeit
4 Stunden = 86 400 Secunden, und also

$$p = \frac{3{,}14 \,.\, 40\,000\,000}{86\,400^2} = 0{,}017 \text{ Meter,}$$

ɾenn sich die Erde in 24 Stunden wirklich um ihre Axe dreht, so
lie dadurch entstehende Schwungkraft so gross sein, dass ein auf
rdäquator befindlicher Körper sich in einer Secunde um 0,017 Me-
n dem Erdmittelpunkte entfernen würde, wenn die Schwere es
ɾerhinderte.

ı Folge der Axendrehung der Erde muss demnach der Weg, wel-
in frei fallender Körper in der ersten Fallsecunde durchläuft, am
or um 0,017 Meter kleiner sein als an den Polen.

er Fallraum der ersten Secunde in der Nähe der Pole beträgt
Meter; ist derselbe nun am Aequator in der That um 0,017 Meter
, so wäre demnach die Kraft, mit welcher ein Körper gegen die
rfläche niedergezogen wird, in Folge der Axendrehung am Aequa-
$^1/_{292}$ kleiner als an den Polen.

ine solche Verminderung der Schwerkraft von den Polen nach dem
or hin findet aber in der That Statt. Beim freien Fall der Kör-
nachzuweisen, würde freilich schwer halten; wir besitzen aber im
l ein viel empfindlicheres Mittel, die Intensität der Schwere zu
, und die Pendelversuche bestätigen diese Abnahme vollständig.

n Jahre 1672 machte der französische Astronom Richer eine wis-
ıftliche Reise nach Cayenne, welches nur 5$^0$ nördlich vom Aequa-
gt. Als er hier seine Pendeluhr aufstellte, deren Gang zu Paris
war regulirt worden, fand er, dass sie täglich $2^1/_2$ Minuten nach-
er musste das Pendel nahe um $^5/_4$ Linien verkürzen, um den rich-

tigen Gang wieder herzustellen. Es konnte dies um so weniger ei
Störung der Uhr während der Reise zugeschrieben werden, als die Uhr, n
Paris zurückgebracht, nun wieder 148 Secunden täglich vorging, so d
das Pendel wieder auf seine ursprüngliche Länge gebracht werden mus

Man stellte später die genauesten Beobachtungen in verschiede
Gegenden der Erde an, um die Länge des Secundenpendels zu ermitt
Die folgende Tabelle enthält eine Reihe solcher von Sabine gemach
Bestimmungen.

| Ort. | Breite. | Länge des Secunde pendels in engl. Zoll |
|---|---|---|
| St. Thomas . . . . . . | 0° 24′ 41″ | 39,012 |
| Ascension . . . . . . . | 7 55 48 S. | 39,024 |
| Jamaika . . . . . . . . | 17 56 7 N. | 39,035 |
| New-York . . . . . . . | 40 42 43 N. | 39,101 |
| London . . . . . . . . | 51 31 8 N. | 39,139 |
| Drontheim . . . . . . . | 63 25 54 N. | 39,174 |
| Spitzbergen . . . . . . | 79 49 58 N. | 39,215 |

Die Länge des Secundenpendels ist durch die Gleichung

$$L = l + m . (sin. \varphi)^2$$

gegeben, in welcher $l$ die Länge des Secundenpendels auf dem Aequ
$L$ aber die Länge desselben an einem Orte bezeichnet, dessen geo
phische Breite $\varphi$ ist. Für Metermaass ist

$$l = 99{,}0950 \text{ Centimeter}$$
$$m = 0{,}51768$$

Da nun die beschleunigende Kraft der Schwere der Länge
Secundenpendels proportional ist, so ist durch diese Versuche erwi
dass in der That die Schwerkraft von den Polen nach dem Aequator
abnimmt, und diese Abnahme ist im Wesentlichen durch die von
Axendrehung der Erde herrührende Schwungkraft bedingt.

Die Abplattung der Erde selbst, welche wir im vorigen Paragra
kennen lernten, ist eine Folge ihrer Axendrehung. Um dies darzut
wollen wir uns die Erde zunächst als eine feste Kugel denken, in wel
sich zwei Canäle $ac$ und $dc$ befinden, welche im Mittelpunkte der
zusammentreffen, und von denen der eine beim Nordpol $a$, der an
an einem Punkte $d$ des Aequators mündet (Fig. 47). Diese beiden
näle seien nun mit Wasser gefüllt, so werden beide Wassersäulen d
die Schwerkraft gegen den Mittelpunkt $c$ hin angezogen, und zwar g
stark, wenn keine Axendrehung stattfindet; in diesem Falle werden
Wassersäulen $cd$ und $ca$ gleich hoch sein müssen, wenn Gleichgew

n soll. In Folge der Rotation um die Axe *ab* wird aber der Schwere, den eine bei *d* befindliche Wasserschicht erleidet, wie en haben, um $^1/_{292}$ vermindert.

achten wir aber eine zweite in der Aequatorealröhre liegende

Fig. 47.




Wasserschicht bei *r*, welche nur $\frac{1}{n}$ so weit von *c* entfernt ist wie *d*, so ist hier freilich die Schwungkraft *n* mal geringer, allein auch die Kraft, mit welcher die Schicht *r* gegen *c* hin gezogen wird, ist, wie sich aus dem Gesetze der allgemeinen Massenanziehung ergiebt, *n* mal kleiner als das Gewicht einer gleichen Wasserschicht bei *d*; mithin ist auch hier bei *r* der Zug der Schwere gegen *c* durch die Schwungkraft um $^1/_{292}$ kleiner, als sie ohne die Rotation der Erde sein würde, $^1/_{292}$ kleiner als die Zugkraft, welche auf die gleich weit von nde Schicht *p* in der Polarröhre wirkt. Da nun dasselbe für rechenden Schichten der beiden Röhren gilt, so ist klar, dass der Axendrehung der Erde die Gesammtkraft, welche das Was- Röhre *dc* gegen den Erdmittelpunkt treibt, um $^1/_{292}$ kleiner e entsprechende Kraft, welche auf das Wasser in der Röhre *ca* nn also Gleichgewicht stattfinden soll, so muss die Wassersäule quatorealröhre *cd* um $^1/_{292}$ länger sein als die Wassersäule in röhre *ca*.

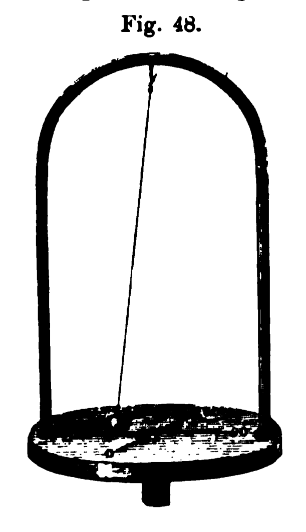
e die ganze Erde eine flüssige, in 24 Stunden um ihre Axe roasse, so müsste offenbar zwischen dem Aequatoreal- und dem messer dasselbe Grössenverhältniss bestehen, wie wir es eben Wassersäulen in den hypothetischen Röhren berechnet haben, t anderen Worten, die Erde müsste eine Polarabplattung zeigen. Die auf diesem Wege berechnete Abplattung stimmt vollständig mit der durch Gradmessungen ermittelten überein, Uebereinstimmung würde noch grösser sein, wenn man alle renden Umstände bei der Rechnung berücksichtigt hätte. Es demnach wohl keinem Zweifel, dass die Abplattung der Erde e ihrer Axendrehung ist, und dass sie zu der Zeit, als sie sich flüssigen Zustande befand, schon dieselbe Axendrehung hatte wärtig.

**cault's Pendelversuch.** Ein einfaches Pendel, welches in 23 timmten Ebene schwingt, wird seine Oscillationsebene unveribehalten, wenn nicht äussere Kräfte es aus derselben ver-

sst sich dies sehr leicht mit Hülfe der Vorrichtung Fig. 48 (s. f. S.),

welche auf irgend eine verticale Umdrehungsaxe, etwa auf die Schwungmaschine aufgesteckt werden kann, bewerkstelligen. Auf

Fig. 48.



horizontalen runden Brette ist ein von Metalldraht befestigt, von dessen ein Faden herabhängt, welcher eine kugel trägt. In seiner Gleichgewich fällt dieses einfache Pendel mit der U hungsaxe des Apparates zusammen.

Bringt man das Pendel in der tung der mit 0 — 180 bezeichneten aus seiner Gleichgewichtslage, so wi alsdann sich selbst überlassen, über d nie 0 — 180, also rechtwinklig zur des Bügels hin- und herschwingen, so der ganze Apparat in Ruhe bleibt.

Wird aber die Scheibe um ihre cale Axe langsam umgedreht, so wir Schwingungsebene des Pendels dessen achtet unverändert bleiben, es wird al Reihe nach ein Durchmesser der S nach dem anderen unter der Schwingungsebene des Pendels hin gehen. Nach einer Viertel-Umdrehung der Scheibe nimmt der I messer 90 — 270 dieselbe Stellung ein, die ursprünglich 0 — 18 nahm, in diesem Augenblicke wird also das Pendel in der Ebe Bügels oscilliren und in Beziehung auf die Scheibe erschein die Schwingungsebene des Pendels um 90° gedreht. Dauert die Dr der Scheibe in gleicher Richtung fort, so wird allmälig der Qu von 90 — 180, dann der von 180 — 270 u. s. w. unter der Sc gungsebene des Pendels hingehen. In dem Maasse, in welche Scheibe von der Rechten zur Linken gedreht wird, in dem Maasse s sich die Schwingungsebene des Pendels in Beziehung auf die Sche entgegengesetzter Richtung, also von der Linken zur Rechten zu d

In demselben Verhältniss, wie dieses Pendel zur gedrehten Sc würde sich offenbar ein gerade über dem einen Pol, etwa dem pol der Erde, aufgehängtes Pendel zur Erdoberfläche verhalten. men wir an, das Pendel werde in der Ebene, welche in diesem M die Ebene der Meridiane 0 — 180 einnimmt, in Schwingung ve so wird es in dieser Schwingungsebene verharren, während die Er ihren Meridianen unter dem in unveränderter Lage bleibenden S gungsbogen des Pendels fortrotirt.

Bei der fortdauernden Rotation der Erde werden also der nach die verschiedenen Meridiane unter dem Schwingungsbogen de dels durchpassiren; in Beziehung auf die Erdoberfläche scheint sic die Schwingungsebene des Pendels zu drehen und zwar in der Ric von Ost nach West, weil die Erde in entgegengesetzter Richtung

Ein Pendel, welches ursprünglich in der Richtung vom Nordpol nach Paris hin oscillirte, wird nach 2 Stunden gegen die Ostküste von Grönland, nach 4 Stunden gegen Neufoundland hin schwingen.

Ein an irgend einer Stelle des Erdäquators aufgehängtes Pendel kann von einer solchen scheinbaren Drehung der Schwingungsebene natürlich nichts zeigen, denn unter dem Aequator hat der Meridian in Bezug auf die Pendelebene gar keine drehende, sondern nur eine fortschreitende Bewegung, an welcher das Pendel Theil nimmt. Hat man auf dem Aequator ein Pendel etwa in der Ebene des Meridians in Schwingung versetzt, so wird die Schwingungsebene auch im Meridian bleiben.

An allen zwischen dem Pol und dem Aequator befindlichen Punkten wird nun die Schwingungsebene des Pendels in Folge der Axendrehung der Erde eine Drehung zeigen müssen, und zwar auf der nördlichen Hemisphäre in der Richtung Ost, Süd, West u. s. w., auf der südlichen aber in der Richtung Ost, Nord, West u. s. w. Die Grösse dieser Drehung wird aber in gleichen Zeiten um so bedeutender sein, je näher man sich dem einen Pole befindet.

Foucault war es, der zuerst auf den glücklichen Gedanken kam, dass die scheinbare Drehung der Schwingungsebene eines einfachen Pendels eine nothwendige Folge der Umdrehung der Erde sei, dass man also mittelst eines solchen Pendels, welches stundenlang fortschwingt, einen directen Beweis für die Axendrehung der Erde liefern kann.

Der Versuch bestätigte seine Erwartung vollständig. Das erste Pendel, mit welchem er experimentirte, war nur 2 Meter lang und hatte eine 5 Kilogramm schwere Kugel. Nachdem er an demselben die Erscheinung zuerst beobachtet hatte, wiederholte er den Versuch mit einem 11 Meter langen Pendel im Meridiansaale der Pariser Sternwarte und endlich mit einem Pendel von 67 Meter Länge im Pantheon zu Paris, welches zu Anfang des Jahres 1852 in hohem Grade das Interesse des grossen Publicums erregte.

Die unten mit einer Spitze versehene Kugel dieses Pendels wog 28 Kilogramm und hing an einem Stahldraht. Bei dieser Masse des Pendels sind seine Schwingungen nach 5 bis 6 Stunden noch hinreichend gross, um deutlich beobachtet zu werden, wenn die Kugel ursprünglich etwa um 10 Fuss aus ihrer Gleichgewichtslage entfernt worden war.

Um die Drehung der Schwingungsebene des Pendels gegen die Erdoberfläche beobachten und messen zu können, wird auf dem Boden eine kreisförmige getheilte Scheibe angebracht, deren Mittelpunkt $m$, Fig. 49 (a. f. S.), vertical unter dem Aufhängepunkt $o$ des Pendels liegt. Nehmen wir an, dass die Pendelkugel zu Anfang ihrer Bewegung gerade über dem Durchmesser $ab$ hinschwinge, so wird sie nach der Zeit $t$, $2t$, $3t$ u. s. w. in der Richtung eines Durchmessers schwingen, welcher einen Winkel von 10, 20, 30 u. s. w. Grad mit $ab$ macht.

Es versteht sich von selbst, dass der Ort, an welchem das Fou-

cault'sche Pendel aufgehängt ist, vor Luftströmungen geschüt ebenso muss dafür gesorgt sein, dass die Pendelkugel beim Begin Oscillationen frei von jeder seitlichen Bewegung ist. Es wird (

Fig. 49.

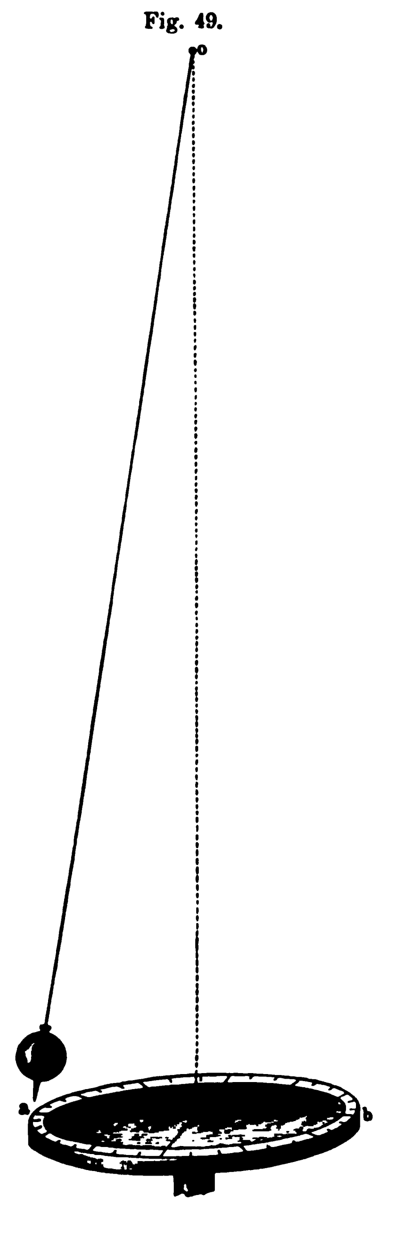
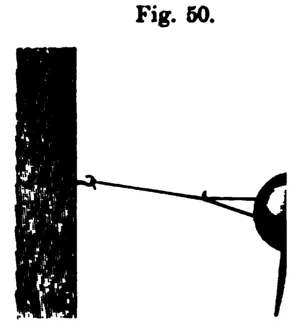



Fig. 50.



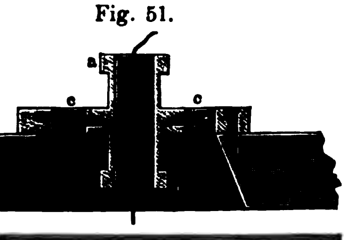
folgende Weise erreicht: ( ihrer Gleichgewichtslage e Kugel wird, wie man in ] sieht, mit einem Faden ı welcher an einem seitlich lichen festen Gegenstand befe Wenn nun die Pendelkugel ser Lage vollständig zur R kommen ist, wird unter Verı jeder Erschütterung der Fad telst eines angezündeten hölzchens abgebrannt und ( die Oscillationen des Pendel leitet.

Bei dem Foucault'sch( such war das obere Ende de drahtes durch ein gleich w eine starke Metallplatte ge Loch hindurchgezogen und oberen Fläche dieser Met befestigt; die Metallplatte se aber unbeweglich an dem ( befestigt, von welchem das herunter hing.

Um jede, von einer e Torsion oder Biegung des herrührende Störung zu ver kann man auch die Carda Aufhängung in Anwendun

he in Fig. 51 in einer Form dargestellt ist, welche ursprüng- ıen anderen, später zu besprechenden Apparat construirt war.

Fig. 51.

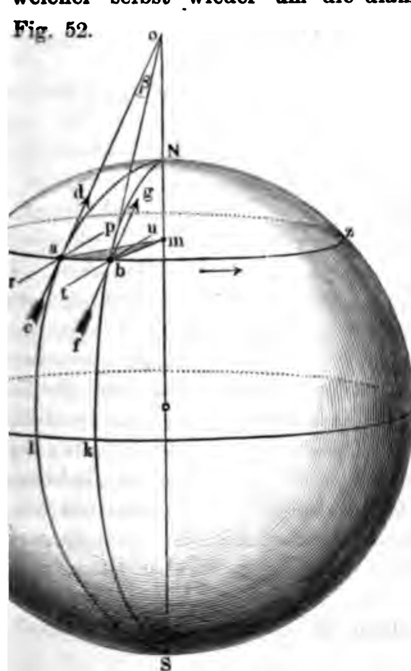





$\frac{1}{2}$

Das obere Ende des Aufhängedrahtes ist in der Axe einer Messinghülse ausgespannt und dann die Höhlung derselben mit Blei ausgegossen. Um zu verhindern, dass der Draht etwa durch das Gewicht der Pendelkugel aus der Bleimasse herausgezogen wird, kann man sein oben aus der Bleimasse hervorragendes Ende umbiegen und zwei- oder dreimal um die Messinghülse herum winden. In ihrer Mitte nun ist die Hülse *ab* von einem Messingring umgeben, welcher um die dia- ander gegenüberstehenden Zapfen *o* und *p* drehbar ist. Die ·izontalen Zapfen *o* und *p* sind aber von dem Messingringe *c* welcher selbst wieder um die diametral einander gegenüberstehenden Zapfen *r* und *s* drehbar ist, deren Axe rechtwinklig steht zu der Axe von *o* und *p*. Die Zapfen *r* und *s* endlich sind von einem Messingringe *d* getragen, welcher auf einem die ganze Vorrichtung tragenden Brett befestigt wird.

Fig. 52.




Untersuchen wir nun, welches die Grösse der scheinbaren Drehung der Schwingungsebene, welche am Pol offenbar 15° in der Stunde beträgt, für verschiedene Orte der Erdoberfläche sein muss.

Fig. 52 stelle die Erdkugel, *NS* die Umdre-

hungsaxe derselben vor; es sei ferner $xabz$ der Parallelkreis, chem der Pendelversuch angestellt wird, und $m$ sei der Mit dieses Parallelkreises.

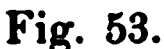
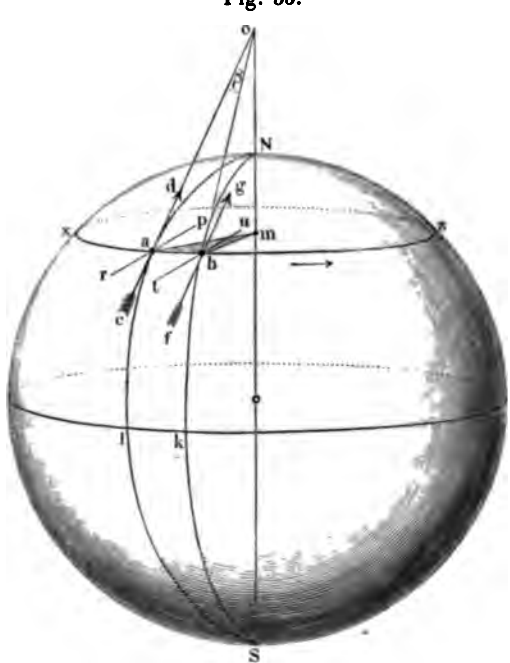


Fig. 53.




Lässt man nun in $a$ das Pendel schwingen, so wird die Lini die Pendelkugel bei ihrem Hin- und Hergange beschreibt, ein Linie sein (wenn man von der geringen Krümmung abstrahirt) in der Horizontalebene von $a$ liegt. Lässt man das Pendel g der Richtung des Meridians, also in der Richtung schwingen, Fig. 52 durch den Pfeil $cd$ bezeichnet ist, so ist die verlängerte gungslinie jedenfalls eine Tangente an den Meridian $Nal$. D gente schneidet die verlängerte Erdaxe in $o$. Der Winkel $ao$ geographische Breite des Ortes $a$, welche wir mit $\varphi$ bezeichnen

In Folge der Axendrehung der Erde gelangt aber der nach einiger Zeit an die mit $b$ bezeichnete Stelle und die in Meridian gelegte Tangente hat jetzt die Lage $bo$, die Pendelkr welche vermöge der Trägheit ihre ursprüngliche Schwingung beizubehalten strebt, oscillirt parallel mit $cd$ in der Richtung Schwingungen des Pendels fallen also jetzt nicht mehr mit der des Meridians zusammen, sondern sie machen mit demselben ei kel $gbo$, welcher als Wechselwinkel dem Winkel $aob$ gleich wir kurz mit $\beta$ bezeichnen wollen.

Während sich also die Erde um ihre Axe um den Winkel

dreht, dreht sich die Schwingungsebene des Pendels in Beziehung auf die Richtung des Meridians um den Winkel $\beta$, dessen Werth nunmehr ermittelt werden muss. Es ist:

$$\alpha : \beta = bo : bm;$$

es ist aber $bm = bo . sin. bom = bo . sin. \varphi$, folglich haben wir

$$\alpha : \beta = 1 : sin. \varphi,$$

$$\beta = \alpha . sin. \varphi \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Man erhält also den Winkel, um welchen sich die Schwingungsebene les Foucault'schen Pendels an irgend einem Ort der Erdoberfläche in iner gegebenen Zeit gegen den Meridian des Ortes drehen muss, wenn nan die gleichzeitige Drehung des Polarpendels mit dem Sinus der geographischen Breite des Beobachtungsortes multiplicirt.

Da sich nun die Schwingungsebene eines auf dem Pole aufgehängen einfachen Pendels in einer Stunde um 15⁰ dreht, so ist $15 . sin. \varphi$ lie Anzahl der Grade, um welche sich in einer Stunde die Schwingungsbene des Foucault'schen Pendels an einem Orte drehen muss, dessen eographische Breite $\varphi$ ist.

Die fragliche Drehung der Schwingungsebene nimmt also ab mit er Entfernung vom Pol, sie wird $= 0$ auf dem Aequator, weil hier $in. \varphi = 0$. Die folgende Tabelle giebt für einige Orte die Drehung er Schwingungsebene des Foucault'schen Pendels während einer tunde an:

| Ort. | Geograph. Breite. | | Grösse der Drehung in einer Stunde. |
|---|---|---|---|
| Nordpol . . . . . . | 90⁰ | — | 15⁰ |
| Königsberg . . . . . | 54⁰ | 42′ | 12,83 |
| München . . . . . . | 48 | 8 | 11,31 |
| Rom . . . . . . . . | 41 | 54 | 10,16 |
| Mexico . . . . . . . | 19 | 25 | 5,04 |
| Cayenne . . . . . . | 4 | 56 | 1,31 |

Wir waren in obiger Demonstration der Einfachheit der Betrachtung gen von der Annahme ausgegangen, dass die Schwingungsebene des ndels in $a$ ursprünglich in der Richtung des Meridians stattfinde; es übrigens durchaus nicht nöthig, dass man gerade von dieser Schwingsrichtung ausgehe. Nehmen wir an, das Pendel schwinge ursprüngh in der Richtung $rp$ (Fig. 53), welche einen Winkel $pao$ mit n Meridian macht, so wird, wenn der Beobachtungsort von $a$ nach $b$ langt ist, nun die Schwingungsrichtung $tu$ des Pendels einen Winkel o mit dem Meridian machen, welcher um $gbo$, also um $\beta$ grösser ist $pao$, die Schwingungsebene hat sich also auch jetzt scheinbar um

den Winkel $\beta$ gedreht, also gerade so viel, als ob die Schwingungen in der Meridianebene begonnen hätten.

Obgleich die Axendrehung der Erde schon vorher zu den unzweifelhaftesten Lehren der Physik gezählt wurde, so erregte doch der Foucault'sche Pendelversuch in der ganzen physikalischen Welt das grösste Interesse; er wurde an vielen Orten wiederholt und überall bestätigt gefunden, wo man hinreichend lange Pendel mit genügender Sicherheit aufgehängt und Alles beseitigt hatte, was störend auf die Regelmässigkeit des Ganges hätte einwirken können.

Zu den gelungensten Wiederholungen des Foucault'schen Pendelversuchs in Deutschland sind besonders die von Schwerd im Speyerer und die von Garthe im Kölner Dome angestellten zu rechnen.

Drittes Capitel.

# Die Sonne und die Beziehungen der Erde zu derselben.

---

**Ortsveränderung der Sonne am Himmelsgewölbe.** Dass 24 ie Sonne ihre Stelle am Fixsternhimmel fortwährend ändert, geht schon us der oberflächlichsten Beobachtung hervor. Während sie nämlich gegen Ende März gerade im Osten aufgeht, geht sie im Sommer weit mehr nördlich, im Winter weit mehr südlich auf. Im Sommer ist ihr Tagbogen, im Winter ist ihr Nachtbogen grösser, und daraus folgt, dass ie während des Sommers nördlich, während des Winters südlich vom Himmelsäquator steht. Aber nicht allein rechtwinklig zu dem Aequator bewegt sich die Sonne, sondern auch parallel mit demselben, was daraus hervorgeht, dass zu derselben Tageszeit in verschiedenen Jahreszeiten immer andere Sterne culminiren, wie wir bereits S. 15 gesehen haben.

Am 10. Januar culminiren um Mitternacht: Castor und Pollux im Sternbild der Zwillinge und Procyon im Sternbild des kleinen Hundes. Daraus folgt, dass die Rectascension der Sonne um diese Zeit um 180° grösser ist, als die der genannten Sterne, dass sie also der Sternkarte Tab. IV. zufolge ungefähr 294° beträgt. Da nun ferner am 10. Januar ie südliche Declination der Sonne ungefähr 20° ist, so lehrt ein Blick uf die erwähnte Karte, dass um diese Zeit die Sonne im Sternbild des Schützen steht. Dass also Leyer, Schwan, Adler u. s. w. diejenigen Sternbilder sind, welche gerade an dem bezeichneten Tage zur Mittagszeit dem Meridian nahe stehen.

Die Bahn, welche die Sonne am Himmel zurücklegt und welche den Namen der Ekliptik führt, ergiebt sich ganz einfach, wenn man nach der im Cap. I, §. 12, entwickelten Methode in bestimmten Zeitintervallen, etwa von Tag zu Tag, die Rectascension und Declination der Sonne bestimmt.

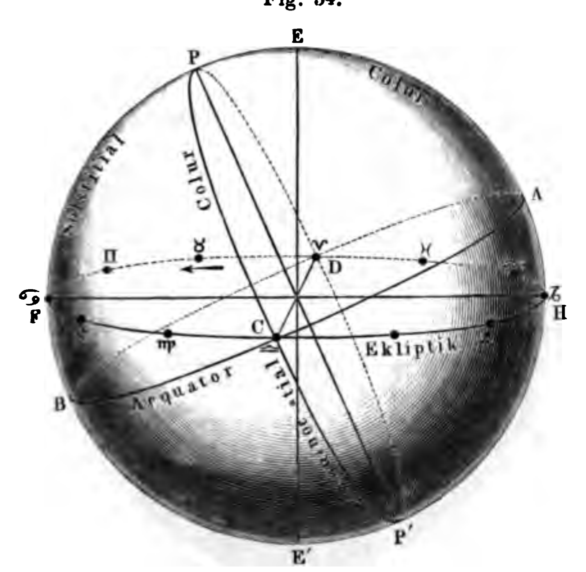
Die folgende Tabelle giebt die Rectascension und Declination der Sonne für das Jahr 1855 von 8 zu 8 Tagen, und zwar im Moment des wahren Berliner Mittags.

| Tag. | Rectascension. | | Declination. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. Januar | 18h | 45,8′ | 23° | 2,5′ | südlich |
| 9. " | 19 | 21,0 | 22 | 9,2 | " |
| 17. " | 19 | 55,5 | 20 | 48,3 | " |
| 25. " | 20 | 29,4 | 19 | 2,1 | " |
| 2. Februar | 20 | 58,2 | 17 | 10,9 | " |
| 10. " | 21 | 34,4 | 14 | 26,5 | " |
| 18. " | 22 | 5,6 | 11 | 43,8 | " |
| 26. " | 22 | 36,2 | 8 | 49,4 | " |
| 6. März | 23 | 6,1 | 6 | 9,8 | " |
| 14. " | 23 | 35,5 | 2 | 38,9 | " |
| 22. " | 0 | 4,7 | 0 | 30,7 | nördlich |
| 30. " | 0 | 33,8 | 3 | 38,9 | " |
| 7. April | 1 | 2,9 | 6 | 42,6 | " |
| 15. " | 1 | 32,3 | 9 | 39,1 | " |
| 23. " | 2 | 2,0 | 12 | 25,5 | " |
| 1. Mai | 2 | 32,2 | 14 | 58,8 | " |
| 9. " | 3 | 3,0 | 17 | 16,3 | " |
| 17. " | 3 | 34,5 | 19 | 15,5 | " |
| 25. " | 4 | 6,5 | 20 | 42,7 | " |
| 2. Juni | 4 | 39,0 | 22 | 9,2 | " |
| 10. " | 5 | 11,9 | 23 | 0,0 | " |
| 18. " | 5 | 45,1 | 23 | 25 | " |
| 26. " | 6 | 18,4 | 23 | 23,5 | " |
| 4. Juli | 6 | 57,5 | 22 | 55,9 | " |
| 12. " | 7 | 24,3 | 22 | 2,7 | " |
| 20. " | 7 | 56,7 | 20 | 45,2 | " |
| 28. " | 8 | 28,4 | 19 | 5,5 | " |
| 5. August | 8 | 59,5 | 17 | 5,6 | " |
| 13. " | 9 | 30,0 | 14 | 48,0 | " |
| 21. " | 9 | 59,9 | 12 | 15,2 | " |
| 29. " | 10 | 29,3 | 9 | 30,0 | " |
| 6. September | 10 | 58,3 | 6 | 35,2 | " |
| 14. " | 11 | 27,1 | 3 | 33,3 | " |
| 22. " | 11 | 55,8 | 0 | 27,3 | " |
| 30. " | 12 | 24,6 | 2 | 39,9 | südlich |
| 8. October | 12 | 53,7 | 5 | 45,4 | " |
| 16. " | 13 | 23,3 | 8 | 46,2 | " |
| 24. " | 13 | 53,5 | 11 | 39,0 | " |
| 1. November | 14 | 24,4 | 14 | 20,4 | " |
| 9. " | 14 | 56,1 | 16 | 49,2 | " |
| 17. " | 15 | 28,8 | 18 | 55,7 | " |
| 25. " | 16 | 2,3 | 20 | 42,5 | " |
| 3. December | 16 | 36,7 | 22 | 4,7 | " |
| 11. " | 17 | 11,7 | 22 | 59,7 | " |
| 19. " | 17 | 47,1 | 23 | 25,6 | " |
| 27. " | 18 | 22,6 | 23 | 21,5 | " |

Nach dieser Tabelle sind die Sonnenorte der genannten Tage in der Sternkarte Tab. IV. eingetragen und durch eine krumme Linie verbunden. Bei genauerer Untersuchung ergiebt sich nun, dass die Bahn, welche die Sonne im Laufe eines Jahres auf dem Himmelsgewölbe durchläuft, ein grösster Kreis ist, wie man am leichtesten übersieht, wenn man die Sonnenorte der obigen Tabelle nicht in einer ebenen Himmelskarte, sondern auf einem Himmelsglobus aufträgt.

Fig. 54 dient dazu, die gegenseitige Lage des Himmelsäquators und der Ekliptik anschaulich zu machen. $PP'$ ist die Axe der Himmels-

Fig. 54.




kugel, $ACBD$ ist der Aequator, $HCFD$ die Ekliptik. Diese beiden Kreise schneiden sich in den Punkten $D$ und $C$, welche den Namen die Aequinoctialpunkte führen, weil in der Zeit, wo die Sonne sich in denselben, also auf dem Himmelsäquator befindet, Tag und Nacht gleich sind. Den einen dieser Punkte passirt die Sonne am 21. März, den anderen am 22. September.

Aus der Sternkarte Tab. IV. ersehen wir, dass der Punkt, in welchem die Sonne am 21. März den Aequator passirt, im Sternbild der Fische liegt. Dies ist der Punkt des Frühlingsäquinoctiums, der Punkt, von welchem aus die Rectascension der Gestirne gezählt wird. Man nennt diesen Punkt auch kurz den Frühlingspunkt.

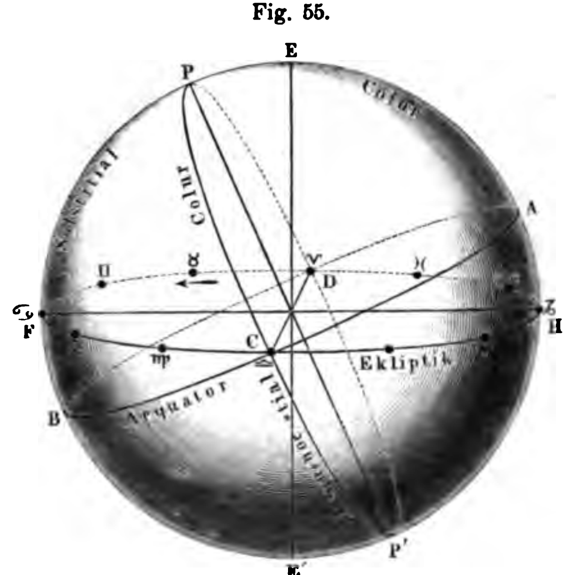
Der Punkt des Herbstäquinoctiums, der Herbstpunkt, welchen die Sonne am 22. September passirt, liegt im Sternbild der Jungfrau. Vom 21. März bis zum 22. September bleibt die Sonne auf der

nördlichen Hemisphäre des Himmels; am 22. September tritt sie auf die südliche Halbkugel, welche sie erst am 21. März wieder verlässt.

Am 22. Juni erreicht die Sonne ihre grösste nördliche, am 22. December ihre grösste südliche Declination von 23° 28′, woraus sich ergiebt, dass der Winkel, welchen die Ebene der Ekliptik mit der Ebene des Aequators macht, 23° 28′ beträgt. Dieser Winkel wird die Schiefe der Ekliptik genannt.

Die Punkte *F* und *H*, Fig. 55, in welchem die Sonne ihre grösste nördliche und ihre grösste südliche Declination erreicht, heissen die Punkte der Sonnenwende oder die Solstitialpunkte.

Fig. 55.




Die Kreise *PDP′C* und *PBP′A*, Fig. 55, werden Coluren genannt, und zwar ist der Kreis, welcher durch die beiden Himmelspole und die Aequinoctialpunkte *C* und *D* geht, der Aequinoctialcolur, während der Kreis, welcher durch die Himmelspole und die Solstitialpunkte *F* und *H* geht, der Solstitialcolur genannt wird.

Die Ebenen der beiden Coluren machen einen Winkel von 90° mit einander.

**25 Pol der Ekliptik, Länge und Breite am Himmel.** Je zwei grösste Kreise der Himmelskugel, welche rechtwinklig auf der Ekliptik stehen, schneiden sich in den Punkten *E* und *E′*, welche sich zu der Ekliptik gerade so verhalten, wie der Nord- und Südpol des Himmels zu dem Himmelsäquator; diese Punkte sind die Pole der Ekliptik.

Da der Solstitialcolur auch rechtwinklig auf der Ekliptik steht, so

die Pole der Ekliptik nothwendig auf dem Solstitialcolur liegen, ar stehen sie auf diesem Solstitialcolur um 90° von den Solsti:ten $F$ und $H$ der Ekliptik ab, sie liegen also 23° 28′ von den ' und $P'$ des Aequators entfernt.

r nördliche Pol der Ekliptik liegt in dem Sternbilde des Drachen; ;ternkarte Tab. III. ist er besonders bezeichnet.

: Ekliptik kann zur Ortsbestimmung auf der Himmelskugel eben:n, wie der Himmelsäquator. Denkt man sich durch irgend einen nd den Pol der Ekliptik einen grössten Kreis gelegt, so heisst enstück zwischen dem Stern und der Ekliptik die Breite des man kann die Breite eines Sternes auch als den Winkelabstand n von der Ekliptik bezeichnen.

e Länge des Sternes aber ist der auf der Ekliptik nach Osten Bogen vom Frühlingspunkte an bis zu dem Punkte, in welchem :h den Stern und den Pol der Ekliptik gelegte grösste Kreis die schneidet.

n sieht also, dass Länge und Breite für die Himmelskugel eine Bedeutung haben, als für die Erdkugel. Auf der Erdkugel werLängen auf dem Aequator, auf der Himmelskugel werden sie Ekliptik abgelesen.

sich die Sonne auf der Ekliptik nach Osten hin fortbewegt, so ihre Breite von Tag zu Tag zu, bis sie zur Zeit des Frühlings:iums wieder in dem Punkte anlangt, von welchem aus die Länge wird, nämlich im Frühlingspunkte.

· folgende Tabelle giebt die Länge der Sonne von 8 zu 8 Tagen wahren Berliner Mittag im Jahre 1855:

| :. | Länge. | Tag. | Länge. | Tag. | Länge. |
|---|---|---|---|---|---|
| ar. | 280° 32,6′ | 1. Mai. | 40° 29,6′ | 6. Septbr. | 163° 15,8′ |
| | 288 41,7 | 9. „ | 48 14,0 | 14. „ | 171 3,0 |
| | 296 50,7 | 17. „ | 55 57,0 | 22. „ | 178 52,1 |
| | 304 59,1 | 25. „ | 63 38,4 | 30. „ | 186 43,1 |
| uar. | 313 6,4 | 2. Juni. | 71 18,3 | 8. Octbr. | 194 36,5 |
| | 321 12,4 | 10. „ | 78 57,4 | 16. „ | 202 32,1 |
| | 329 17,2 | 18. „ | 86 35,9 | 24. „ | 210 29,8 |
| | 337 20,2 | 26. „ | 94 13,7 | 1. Novbr. | 218 29,4 |
| :. | 345 21,1 | 4. Juli. | 101 51,2 | 9. „ | 226 31,2 |
| | 353 20,1 | 12. „ | 109 28,9 | 17. „ | 234 34,9 |
| | 1 17,2 | 20. „ | 117 7,0 | 25. „ | 242 40,0 |
| | 9 11,9 | 28. „ | 124 45,5 | 3. Decbr. | 250 46,5 |
| l. | 17 4,4 | 5. August. | 132 24,8 | 11. „ | 258 54,3 |
| | 24 54,9 | 13. „ | 140 5,5 | 19. „ | 267 2,9 |
| | 32 43,3 | 21. „ | 147 47,4 | 27. „ | 275 11,9 |
| | | 29. „ | 155 30,7 | | |

Da die Sonne die Ekliptik nicht genau in 365 Tagen durchl
sondern dazu nahe $365^1/_4$ Tag braucht, so wird sie auch am Mittag e
bestimmten Tages nicht genau an derselben Stelle der Ekliptik ste
an welcher sie sich an dem Mittag desselben Tages im vorigen J
befand. So war z. B. die Länge der Sonne zur Zeit des wahren B
ner Mittags am 22. März 1854 gleich 1° 31,5′. Am Mittag des 22.
1855 hatte sie diesen Punkt noch nicht wieder erreicht, da ihre Läng
dieser Zeit nur 1° 17,2′ betrug. Daraus ergiebt sich nun, dass
Rectascension und Declination der Sonne für den wahren Mittag
gleichen Monatstage in verschiedenen Jahren nicht dieselbe sein kan

Auf diese Weise würde die Länge der Sonne für den gleichen
restag fortwährend abnehmen, wenn man nicht alle vier Jahre d
Einschaltung eines Tages (Schalttag) eine Ausgleichung zu Stande brä
von welcher weiter unten ausführlicher die Rede sein soll.

Die astronomischen Jahrbücher oder **Ephemeriden**, welche stet
einige Jahre voraus berechnet werden, enthalten für jeden Tag des
res und zwar für den wahren Mittag der Sternwarte, auf welche sie
beziehen, die Länge, die Rectascension und die Declination der S
bis auf Bruchtheile von Secunden genau.

26 **Der Thierkreis.** Die Sternbilder, welche die Sonne durch
sind (Tab. IV.) der Reihe nach: die **Fische**, der **Widder**, der S
die **Zwillinge**, der **Krebs** und der **Löwe** auf der nördlichen, die J
frau, die **Wage**, der **Scorpion**, der **Schütze**, der **Steinbock** und
**Wassermann** auf der südlichen Hemisphäre des Himmels.

Der Gürtel dieser zwölf von der Sonnenbahn durchschnittenen S
bilder wird der **Thierkreis** oder der **Zodiacus** genannt.

Früher theilte man die Ekliptik zuerst in zwölf gleiche Theile
dann jeden derselben wieder in 30°, wodurch dann ebenfalls die
herauskommen. Diese zwölf Theile nennt man die **Zeichen der El
tik.** Diese Zeichen führen die Namen benachbarter Sternbilde
Thierkreises, und zwar heissen sie vom Frühlingspunkte an nach
gerechnet:

| ♈ | ♉ | ♊ | ♋ | ♌ | ♍ |
|---|---|---|---|---|---|
| Widder, | Stier, | Zwillinge, | Krebs, | Löwe, | Jungfra |
| ♎ | ♏ | ♐ | ♑ | ♒ | |
| Wage, | Scorpion, | Schütze, | Steinbock, | Wassermann, | Fi |

Auf Tab. IV. ist der Anfangspunkt eines jeden dieser zwölf Ze
durch die ihm entsprechende Figur angedeutet.

Das Zeichen des Widders entspricht also der Länge von 0 bis
das Zeichen des Stiers von 30° bis 60°. Das Zeichen der Wage ers
sich vom 180. bis 210. Längengrade u. s. w.

Man sieht, dass die **Zeichen** der Ekliptik mit den gleichna
Sternbildern nicht zusammenfallen. Die Sonne befindet sich im
**chen des Widders**, während sie im **Sternbilde der Fische**

e in das Sternbild des Widders übergeht, so tritt sie in das n des Stiers u. s. w., kurz, jedes Zeichen der Ekliptik führt den des nach Osten hin an dasselbe gränzenden Sternbildes. Wenn ne sich im Zeichen des Krebses befindet, so steht sie im Stern-·r Zwillinge.

)her diese Verschiedenheit zwischen Zeichen und Sternbild rührt, den wir in einem späteren Capitel sehen.

**'ahre und mittlere Sonnenzeit.** Die Sonne schreitet auf 27 iptik in der Richtung von Westen nach Osten voran, also der n Bewegung der Gestirne entgegen. Daher kommt es denn, dass, eits in §. 3 angeführt wurde, der Sonnentag länger ist als der ʒ; denn wenn heute die Sonne gleichzeitig mit einem bestimmten :ulminirt, so wird bis zu dem Momente, in welchem derselbe Stern wieder culminirt, die Sonne etwas nach Osten hin fortgeschrit-, also etwas später als der fragliche Stern in den Meridian treten. ist nun leicht, das auf S. 11 bereits angegebene Verhältniss n Sternzeit und mittlerer Sonnenzeit zu berechnen. Die Zeit, die Sonne braucht, um, vom Frühlingspunkte ausgehend, wieder ›elben anzukommen, die Zeit also, welche die Sonne braucht, um ze Ekliptik einmal zu durchlaufen, nennen wir das Jahr. Das .t (annähernd) 365 Tage; auf diese 365 Tage kommen aber 366 ʒe, da ja die Sonne während dieser Zeit gerade einmal um den herumgegangen ist. Das Verhältniss des Sonnentages zum Stern- also $\frac{366}{365} = 1{,}00274$, und daraus folgt, dass 1 Stunde Sonnen- ich ist $1^h\ 0'\ 9{,}8''$ Sternzeit, wie bereits oben angegeben wurde.

ihrend nun ein Sterntag dem anderen vollkommen gleich ist, lie Sonnentage keineswegs eine gleiche Dauer. Wenn alle Son- gleich sein sollten, so müsste die Aenderung in der Rectascen-· Sonne von einem Tage zum anderen das ganze Jahr hindurch men gleich bleiben. Das ist aber nicht der Fall, wie man aus ›elle auf S. 78 leicht ersehen kann. Vom 12. bis zum 20. Juli dert sich die gerade Aufsteigung der Sonne um 32,4 Minuten, d sie vom 19. bis 27. December um 35,5 Minuten zunimmt, wor-ı entnehmen kann, dass die Zeit, welche von einer Culmination ıne bis zur folgenden vergeht, im December etwas grösser ist als

rei Ursachen wirken hier zusammen, um die erwähnte Ungleich-r Sonnentage hervorzubringen. Diese Ursachen sind:

**Dass** die Ekliptik nicht mit dem Himmelsäquator parallel liegt. sich auch die Sonne in der Ekliptik mit stets gleicher Geschwin- fortbewegte, so würde doch einem und demselben Wegstücke zur r Aequinoctien, wo die Sonnenbahn einen bedeutenden Winkel a Aequator bildet, eine geringere Aenderung in der Rectascension

entsprechen, als zur Zeit der Solstitien, wo die Sonne fast parallel dem Aequator fortschreitet (siehe die Sternkarte Tab. IV.).

2) Dass die Sonne sich auch in der Ekliptik nicht mit gleichfö ger Geschwindigkeit bewegt, sondern zur Zeit unseres Winters schı fortschreitet als während unseres Sommers. Um sich davon zu übe gen, messe man z. B. auf der Sternkarte Tab. IV. den Weg, den die S vom 2. bis zum 26. Juni zurücklegt, und man wird finden, dass er ı lich kleiner ist als das Bahnstück vom 1. bis 25. Januar.

Dasselbe ersieht man auch aus der Tabelle auf Seite 81. V bis 12. Juli wächst die Länge der Sonne nur um 7° 37,7′, währen vom 1. bis 9. Januar um 8° 9,1′ zunimmt. Am schnellsten wächs Länge der Sonne am 1. Januar, wo der in 24 Stunden beschrieben gen der Ekliptik 1° 1′ 10,1″ beträgt, während zur Zeit des langsaı Fortschreitens, am 1. Juni, der in 24 Stunden von der Sonne bes bene Bogen nur 57′ 11,8″ beträgt.

Eine Folge davon, dass die Sonne in ihrer Bahn mit ungle Geschwindigkeit fortschreitet, ist auch die, dass sie eine länger braucht, um die nördliche Hälfte der Ekliptik zu durchlaufen, al braucht, um vom Herbstpunkte aus zum Frühlingspunkte zurückz ren. Vom 21. März bis zum 22. September sind 186 Tage, von September bis zum 21. März sind ihrer nur 179, die Sonne verweil auf der nördlichen Halbkugel des Himmels volle 7 Tage länger a der südlichen.

Was die Ursache dieser Ungleichheiten ist, werden wir später ı suchen. Hier haben wir es zunächst nur mit der ungleichen Daue Sonnentage zu thun.

Es ist klar, dass sich im bürgerlichen Leben alle Zeiteinthe nach der Sonne richten muss, weil die Abwechselung von Tag Nacht maassgebend ist für die Eintheilung aller Beschäftigungen de gerlichen Lebens, wie ja auch im Thier- und Pflanzenleben die Abw lung von Tag und Nacht eine bedeutende Rolle spielt.

So lange man noch mit mechanischen Uhren von geringer Ge keit zu thun hatte, war kein Anstand, da sie doch öfters gerichte den mussten, diese Uhren alle paar Tage nach der Sonne zu stelle man sie einmal etwas schneller, dann wieder langsamer musste lassen, ob man sie etwas mehr oder weniger verstellte, das war g gültig. Astronomische Uhren aber, wie überhaupt gute Uhren, be chen ein möglichst gleichförmiger Gang die erste Bedingung ist, k unmöglich nach wahrer Sonnenzeit gerichtet werden.

Um aber doch den Sonnentag der Hauptsache nach als Zeit beizubehalten, und dennoch ein gleichförmiges Zeitmaass zu habe man statt des wahren veränderlichen, einen **mittleren** Sonnentag vo gleichbleibender Länge eingeführt. Denkt man sich die Dauer ei wöhnlichen Jahres von 365 Tagen in 365 **vollkommen gleiche** getheilt, so ist ein solcher Theil **der mittlere** Sonnentag.

ne schärfere Definition des mittleren Sonnentages ist folgende. man sich eine Sonne, welche mit vollkommen gleichförmiger Geligkeit den Himmelsäquator in derselben Zeit durchläuft, welche are Sonne braucht, um die Ekliptik zu durchlaufen, so ist die Zeit aer Culmination dieser eingebildeten Sonne bis zur nächsten der e Sonnentag.

ie wahren Sonnentage sind nun bald etwas länger, bald etwas kürder mittlere, der wahre Mittag ist also bald etwas vor dem mittvoraus, bald bleibt er etwas gegen denselben zurück. Der Zeithied zwischen dem mittleren und wahren Mittag wird die Zeitung genannt.

er numerische Werth der Zeitgleichung für die einzelnen Tage ares hängt davon ab, für welchen Moment man annimmt, dass die Sonne gleiche Rectascension mit der wahren habe. Man hat für Moment die Zeit angenommen, in welcher die Rectascension der Sonne am schnellsten wächst (24. December), und so ergeben nn von 8 zu 8 Tagen folgende Werthe der Zeitgleichung:

| atstag. | M. Z. — W. Z. | | Monatstag. | M. Z. — W. Z. | |
|---|---|---|---|---|---|
| anuar. | + 3′ | 43″ | 4. Juli. | + 3′ | 57″ |
| „ | + 7 | 17 | 12. „ | + 5 | 12 |
| „ | + 10 | 18 | 20. „ | + 6 | 0 |
| „ | + 12 | 34 | 28. „ | + 6 | 12 |
| 'ebruar. | + 13 | 59 | 5. August. | + 5 | 46 |
| „ | + 14 | 31 | 13. „ | + 4 | 42 |
| „ | + 14 | 14 | 21. „ | + 3 | 4 |
| „ | + 13 | 13 | 29. „ | + 1 | 12 |
| ärz. | + 11 | 34 | 6. September. | — 1 | 37 |
| „ | + 9 | 30 | 14. „ | — 4 | 21 |
| „ | + 7 | 9 | 22. „ | — 7 | 10 |
| „ | + 4 | 41 | 30. „ | — 9 | 53 |
| pril. | + 2 | 17 | 8. October. | — 12 | 18 |
| „ | + 0 | 7 | 16. „ | — 14 | 16 |
| „ | — 1 | 40 | 24. „ | — 15 | 39 |
| ai. | — 2 | 59 | 1. November. | — 16 | 16 |
| „ | — 3 | 44 | 9. „ | — 16 | 3 |
| „ | — 3 | 52 | 17. „ | — 14 | 56 |
| „ | — 3 | 24 | 25. „ | — 12 | 56 |
| uni. | — 2 | 26 | 3. December. | — 10 | 8 |
| „ | — 1 | 1 | 11. „ | — 6 | 41 |
| „ | + 0 | 39 | 19. „ | — 2 | 49 |
| „ | + 2 | 22 | 27. „ | + 1 | 9 |

as Zeichen + zeigt an, dass der mittlere Mittag früher, das Zei—, dass er später ist als der wahre.

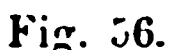
Den grössten negativen Werth hat die Zeitgleichung am 3. Nc
ber, wo sie gleich — 16′ 18,5 Secunden ist; den grössten posi
Werth, + 14′ 31,3‴, hat sie am 11. Februar. In der Mitte des Fel
ist also der mittlere Mittag fast 1/4 Stunde früher, zu Anfang de
vember etwas mehr als 1/4 Stunde später als die Culmination der S

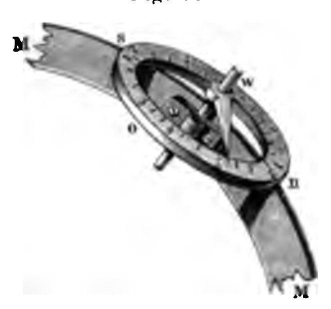
Ein Uebergang aus dem positiven ins negative Zeichen findet
am 15. April und 1. September, ein Uebergang aus dem negative
positive aber am 15. Juni und am 24. December.

Man bedient sich jetzt auch im bürgerlichen Leben allgemei
mittleren Sonnenzeit, die man aber mit Hülfe der Zeitgleichung j
zeit leicht aus Sonnenbeobachtungen ableiten kann.

28 **Anblick des Himmels in den Nachtstunden versc dener Monate.** Jetzt, da wir die Wanderung der Sonne durcl
Sternbilder des Thierkreises kennen gelernt haben, ergiebt es sicl
selbst, warum man zu derselben Stunde der Nacht in verschiedenen
naten nicht dieselben Sternbilder an derselben Stelle des Himme
blickt, wie dies bereits besprochen wurde. Welche Sterne in eine
gebenen Stunde eines gegebenen Tages culminiren, ist aber leicht z
mitteln, wenn man die Rectascension der Sonne für diesen Tag k
Man hat nämlich nur vom Stundenkreise, welchem für diesen Ta
Sonne angehört, auf dem Aequator so viele Stunden weiter nach
zu zählen, als seit der Culmination der Sonne verflossen sind. Es
z. B. gefragt, welche Sterne culminiren am 24. October Abends 6
Am 24. October ist die Rectascension der Sonne $13^h\ 53'$. Um 6
Abends sind 6 Stunden vergangen, seit die Sonne durch den Me
ging, es culminiren also um diese Zeit diejenigen Sterne, deren g
Aufsteigung $13^h\ 53' + 6^h = 20^h\ 53'$ ist. Das Sternbild des Del
und $\alpha$ cygni haben also ungefähr vor 20 Minuten den Meridian pa
da ihre Rectascension $20^h\ 32'$ ist.

Welches der Anblick des Himmels zu einer gegebenen Zeit ist,
sich am leichtesten mit Hülfe eines Himmelsglobus übersehen, wenn
selbe mit einem sogenannten Stundenringe versehen ist. In F
Seite 9, ist der Stundenring des
nen Maassstabes wegen ganz weg
sen, die Einrichtung desselben ist
aus Fig. 56 zu ersehen.


Fig. 56.




Der Stundenring *swno* is
dem messingenen Meridianringe
befestigt und in 24 gleiche Theil
theilt, welche den einzelnen
den entsprechen. Die Theilstricl
*s* und *n* sind mit 12 bezeichne
dann die Stunden von *s* über
*n* und von *n* über *o* bis *s* gezäh

Die Axe, um welche sich der ganze Globus dreht, befindet sich im ittelpunkte dieses Stundenringes und trägt einen Zeiger, welcher auf erselben feststeckt, aber sich mit einiger Reibung um denselben drehen isst.

Um nun den Globus einer gegebenen Zeit entsprechend zu stellen, reht man ihn zunächst so, dass der Ort des Himmels, an welchem die onne eben steht, gerade unter den Meridianring $M$ zu stehen kommt, tellt dann den Zeiger auf 12 Uhr Mittags (der mit 12 bezeichnete heilstrich bei $s$) und dreht nun den ganzen Globus sammt dem Zeiger o weit, bis letzterer die fragliche Stunde zeigt.

Soll z. B. der Globus so gestellt werden, wie es dem 17. Mai Abends 0 Uhr entspricht, so stellt man den Globus so, dass der auf dem Aequa- r mit $3^h\,35'$ bezeichnete Punkt (Rectascension der Sonne am genann- n Tage nach der Tabelle auf S. 78), also der Punkt des Aequators, elcher 53,7° östlich vom Frühlingspunkte liegt, gerade im Meridian teht, dass also die Plejaden culminiren, und dreht dann die Kugel ammt Zeiger um 10 Stunden, die man auf dem Stundenringe abliest, ach Westen. Man sieht dann, dass das Sternbild der Jungfrau im Sü- en culminirt (Spica steht fast im Meridian), und dass die Sternbilder assiopeia und Andromeda den Meridian in unterer Culmination passiren; er grosse Löwe steht am südwestlichen, Leyer und Schwan am nord- stlichen Himmel.

**Bestimmung des Stundenwinkels eines Sternes für inen gegebenen Augenblick.** 29 In vielen Fällen ist es wichtig, aus n Angaben der astronomischen Jahrbücher für jeden gegebenen Zeit- nkt den Stundenwinkel eines Sternes, d. h. den Winkel berechnen zu nnen, welchen der Declinationskreis des Sternes mit dem Meridian acht.

Es sei nun

$a$ die Rectascension der Sonne zur Zeit ihrer Culmination an einem gegebenen Tage;
$b$ die Rectascension eines gegebenen Sternes;
$c$ die Zeitgleichung für den gegebenen Tag, so ist:
$a-b$ der Winkel, um welchen der Declinationskreis des Sternes im Moment der Sonnenculmination, und
$a-b-c$ der Winkel, um welchen derselbe zur Zeit des mittleren Mittags westlich vom Meridian liegt.

Um $n$ Uhr, d. h. $n$ Stunden mittlerer Sonnenzeit, oder $n\,\frac{366}{365}$ Stun- n Sternzeit nach dem mittleren Mittag, ist der Stundenwinkel $S$ des ernes noch um $n\,\frac{366}{365}$ Stunden grösser, also

$$S = a - b - c + n\,\frac{366}{365}.$$

Man fragt z. B., welches ist zu Berlin am 7. März 1855 Ab 8 Uhr der Stundenwinkel von $\alpha$ leonis? Nach dem astronomis Jahrbuche ist für diesen Fall

$$b = 10^h\ 0'\ 39'' \qquad c = 0^h\ 11'\ 20''$$
$$a = 23^h\ 9'\ 46'' \qquad n = 8^h$$

und danach ergiebt sich

$$S = 20^h\ 59'\ 6'',$$

d. h. in dem fraglichen Moment steht zu Berlin $\alpha$ leonis $20^h$ 59 westlich, oder, was dasselbe ist, $3^h\ 0'\ 54''$ (in Bogentheilen ausgedrü $45^0\ 13'\ 30''$) östlich vom Meridian.

Wollte man also zu Berlin am 7. März 1855 das Fernrohr e Aequatorealinstrumentes so richten, dass Abends 8 Uhr $\alpha$ leonis im sichtsfelde erscheint, so hätte man den Aequatoreal- oder Stundenk auf $314^0\ 46{,}5'$ zu stellen, vorausgesetzt, dass der Index dieses Kr auf Null zeigt, wenn das Fernrohr sich in der Ebene des Meridians findet, und die Theilung vom Meridian nach Westen gezählt wird. Declinationskreis des Instrumentes aber hätte man auf $12^0\ 40'$ 26 stellen, weil dies die nördliche Abweichung $\alpha$ leonis ist.

Die Berliner Ephemeriden geben die Rectascension der Sonne den Moment, in welchem dieses Gestirn zu Berlin culminirt. An licher gelegenen Orten findet aber die Sonnenculmination später S folglich muss für solche westlicher gelegene Orte die Rectascension Sonne im Moment des wahren Mittags grösser sein, als ihn die B ner Ephemeriden angeben. Wollte man also für irgend einen wes von Berlin gelegenen Ort den Stundenwinkel eines Sternes für einen gebenen Zeitpunkt berechnen, so dürfte man in den obigen Werth $S$ nicht den Werth von $a$ setzen, wie ihn die Berliner Ephemeriden geben, sondern man müsste an diesem Werthe noch eine Correction bringen, welche von der geographischen Länge des Ortes abhängt.

In 24 Stunden nimmt die Rectascension der Sonne im Durchsc um $0{,}986^0$, in einer Stunde also um $\frac{0{,}986^0}{24}$ zu. Für jeden Ort, d wahrer Mittag eine Stunde später ist als Berlin, wird demnach die tascension der Sonne zur Zeit des wahren Mittags $\frac{0{,}986}{24}$ Grad gr sein, als es die Berliner Ephemeriden angeben. Für 1 Längengra trägt dieser Unterschied der Rectascension 9,86 Bogensecunden 0,657 Zeitsecunden.

**30** **Zeitbestimmung durch Culminationsbeobachtun**

Eine Zeitbestimmung machen heisst eigentlich nichts weiter, als Gang einer Uhr durch astronomische Beobachtungen zu controliren.

Für eine Uhr, welche genau nach mittlerer Sonnenzeit geht, h wir

$$UZ - MZ = 0,$$

enn man mit $UZ$ die Uhrzeit, mit $MZ$ die mittlere Zeit bezeichnet. eht aber die Uhr um die Zeit $t$ vor, so ist

$$UZ - MZ = t.$$

Ist ferner $WZ$ die wahre Sonnenzeit und $c$ die Zeitgleichung, also $IZ = WZ + c$, so haben wir

$$UZ - WZ - c = t \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

Für den Moment der Sonnenculmination ist $WZ = 0$, also

$$UZ - c = t \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$

Ginge die Uhr vollkommen richtig, so müsste sich $t = 0$ ergeben. rgiebt sich aber ein positiver Werth von $t$, so ist die Uhrzeit grösser s sie sein sollte, die Uhr geht also vor, während ein negativer Werth n $t$ ein Nachgehen der Uhr andeutet.

Einige Beispiele mögen dies erläutern.

Am 14. März zeige die Uhr im Moment, in welchem der Mittelpunkt er Sonne den Meridian passirt, 11′ 18″ über 12 Uhr, so ist $UZ =$ 1′ 18″. Nach der Tabelle auf Seite 85 ist für den 14. März $c = 9' \, 30''$, lglich haben wir:

$$UZ - c = 11' \, 18'' - 9' \, 30'' = 1' \, 48'';$$

ie Uhr geht also 1 Minute 48 Secunden vor.

Hätte am 5. August eine Uhr im Augenblicke der Sonnenculminaon 3′ 40″ über 12 Uhr gezeigt, so hätten wir

$$UZ - c = 3' \, 40'' - 5' \, 46'' = - 2' \, 6'';$$

ie Uhr geht 2 Minuten 6 Secunden zu spät.

Hätte man ferner die Sonnenculmination am 9. November beobach-t und gefunden, dass sie stattfand, als die Uhr $11^h \, 46' \, 22''$ Vormittags igte, so ist $UZ = - (13' \, 38'')$, weil man offenbar die Zeit vom Mit-g rückwärts negativ zählen muss. Für den 9. November ist $c = -$ 16′ 3″) (Tab. S. 85), also

$$UZ - c = - (13' \, 38'') + (16' \, 3'') = 2' \, 25'';$$

ie Uhr geht also 2′ 25″ vor.

Die Culmination der Sonne kann man entweder an einem Gnomon der genauer an einem im Meridian aufgestellten Fernrohr beobachten.

Die Sonne erlaubt keine so scharfe Beobachtung der Culminations-eit wie ein Stern, deshalb ist für eine genaue Zeitbestimmung die Stern-eobachtung der Sonnenbeobachtung vorzuziehen, nur ist die Berechnung ir die Sternbeobachtung etwas umständlicher.

Auch für den Fall, dass man eine Zeitbestimmung mittelst einer terneulmination machen will, benutzt man die Gleichung (1). $UZ$ ist n diesem Falle die Zeit, welche die Uhr im Moment der Culmination es beobachteten Sternes zeigt, $WZ$ ist der nach mittlerer Zeit gemes-ene Zeitraum, welcher zwischen der Culmination der Sonne und der ulmination des Sternes liegt.

Haben $b$ und $a$ dieselbe Bedeutung wie auf S. 87, so ist $(b - a)$ ler Stundenwinkel, um welchen der Stern im Moment des wahren Mittags noch östlich vom Meridian absteht. $b - a$ Sternstunden oder

$(b - a)\frac{365}{366}$ mittlere Sonnenstunden nach dem wahren Mittag wird
der Stern culminiren, oder mit anderen Worten, zur Zeit der Stern
mination ist $WZ = (b - a)\frac{365}{366}$, also

$$UZ - (b - a)\frac{365}{366} - c = t \quad . \; . \; . \; . \; . \; .$$

Hat man z. B. am 23. April 1855 beobachtet, dass die Uhr $4^h\,40'$ in dem Augenblicke zeigt, in welchem Sirius culminirt, so hat man

$$\begin{aligned} UZ &= 4^h\;40'\;10'', \\ a &= 2\quad 2\quad 0 \quad \text{(Tabelle auf S. 78)}, \\ b &= 6\quad 38\quad 45 \quad \text{(S. 31)}, \\ c &= -\quad 1\quad 40 \quad \text{(S. 85)}, \end{aligned}$$

und er ergiebt sich

$$t = 5'\;53'';$$

die Uhr geht also $5'\;53''$ vor.

31 **Zeitbestimmung durch correspondirende Höhen.** im vorigen Paragraphen besprochene Methode der Zeitbestimmung nur anwendbar, wenn der Meridian des Beobachtungsortes bestimmt

Durch die Beobachtung correspondirender Höhen vor und nach Culmination kann man aber die Uhrzeit der Culmination eines Gestir auch ermitteln, ohne dass der Meridian bestimmt ist.

Beobachtet man, dass ein Stern, auf der Ostseite des Himmels steigend, die Höhe $h$ in dem Augenblicke erreicht, in welchem die l die Zeit $T$ zeigt, dass er, auf der Westseite des Himmels niedergehe dieselbe Höhe $h$ wieder zur Uhrzeit $T'$ passirt, so ist offenbar die U zeit seiner Culmination das Mittel zwischen den beiden beobachte Zeiten, also $\frac{T + T'}{2}$.

Hätte z. B. ein Stern die Höhe von $32^0\;17'$ im Aufsteigen $6^h\;18'\;42''$ Uhrzeit, im Niedergehen aber zur Uhrzeit $10^h\;33'\;20''$ p sirt, so wäre die Uhrzeit der Culmination dieses Sternes $8^h\;26'\;1''$.

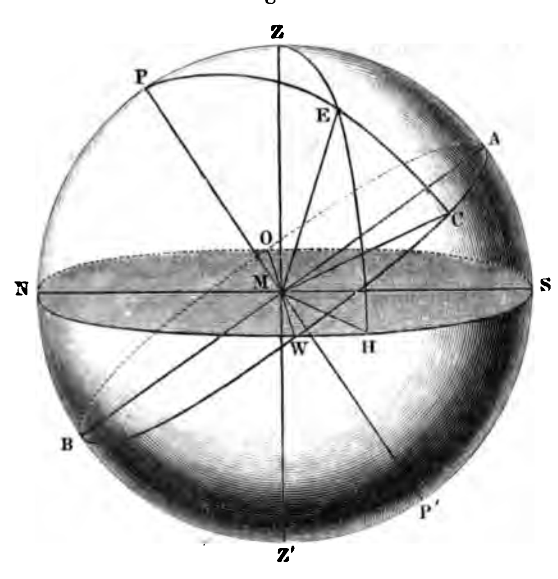
Wenn man diese Beobachtungsmethode anwenden will, um die U zeit einer Sonnenculmination zu ermitteln, so muss man die Veränder der Declination der Sonne, welche zwischen den beiden Beobachtun stattfindet, in Rechnung bringen.

32 **Zeitbestimmung durch einfache Sonnenhöhen.** Da jedes Gestirn in Folge seiner täglichen Bewegung seine Höhe stetig dert, und da es eine gewisse Höhe immer zu einer bestimmten Zeit p sirt, so muss auch eine einzige Höhenmessung hinreichen, um eine Z bestimmung zu machen.

Zunächst kommt es darauf an, aus der beobachteten Höhe ei Gestirnes seinen Stundenwinkel $S$, d. h. den Winkel zu berechnen, v

chen der Declinationskreis $PC$, Fig. 57, des Gestirnes $E$ mit dem Meridian $PZA$ macht.

Fig. 57.




Ausser der beobachteten Höhe $HE$ muss zur Lösung dieser Aufgabe noch die Declination $CE$ des Gestirnes und die Aequatorhöhe $SA$ des Beobachtungsortes bekannt sein.

Der gesuchte Stundenwinkel $CA$, den wir mit $S$ bezeichnen wollen, ist der Winkel, den die Ebenen $PCM$ und $PAM$ mit einander machen. Dieser Winkel ist aber offenbar auch ein Winkel des sphärischen Dreiecks $PZE$ und zwar derjenige, welchen die Seiten $PZ$ und $PE$ dieses Dreiecks mit einander machen. In diesem Dreieck sind aber alle drei Seiten bekannt; es ist nämlich

$PZ = SA$, gleich der Aequatorhöhe des Beobachtungsortes, die wir mit $a$ bezeichnen wollen;

$PE = p$, die Poldistanz des beobachteten Gestirnes $E$, sie ist offenbar $= 90^0 - CE$, gleich $90^0$ weniger der bekannten Declination des Gestirnes;

$ZE = z$, die Zenithdistanz des Gestirnes, welche $90^0 - HE$, d. h. $90^0$ weniger der beobachteten Höhe ist.

Daraus ergiebt sich nun (Sphärische Trigonometrie, S. 12, Gleichung 12):

$$(\sin. {}^1/_2\, S)^2 = \frac{\sin. {}^1/_2\,(z + a - p)\ \sin. {}^1/_2\,(z + p - a)}{\sin. a\ .\ \sin. p} \quad . \quad (1)$$

Nehmen wir z. B. an, man habe zu Freiburg ($a = 42^0$) am 15. Juni Vormittags die Sonnenhöhe $39^0$ beobachtet, so haben wir

$$z = 90 - 39 = 51^0$$
$$p = 90 - (23^0\ 18'\ 41'') = 66^0\ 41'\ 19'',$$

da am 15. Juni die Declination der Sonne $23^0\ 18'\ 41''$ ist.

Setzen wir $a$, $z$ und $p$ ihre eben angegebenen Zahlenwerthe in Gleichung bei (1), so ergiebt sich

$$S = 56^0\ 56'\ 23''.$$

Dieser Winkel, in Stunden ausgedrückt, giebt nun die Zeit, w die Sonne braucht, um in den Meridian zu gelangen, oder wenn eine Nachmittagsbeobachtung gemacht hatte, die Zeit, welche seit Sonnenculmination verstrichen ist. Bezeichnet man mit $c$ die Zeit chung, so ist

$$MZ = 12 - S - c$$

die mittlere bürgerliche Zeit des Beobachtungsmomentes, wenn ma Höhenbestimmung des Morgens gemacht hat, und

$$MZ = S + c,$$

wenn es sich um eine Nachmittagsbeobachtung handelt.

Nehmen wir das obige Beispiel wieder auf, so ist $S = 56^0\ 56'$ in Zeit ausgedrückt, $3^h\ 47'\ 45''$, also

$$MZ = 12^h - (3^h\ 47'\ 45'') = 8^h\ 12'\ 15'' \text{ Morgens}$$

die Zeit des Beobachtungsmomentes, da für den 15. Juni die Zeitgleic nur Bruchtheile einer Secunde beträgt, also für Zwecke des bürgerli Lebens vernachlässigt werden kann.

Gehen wir zu einem anderen Beispiele über. Am 4. März fand man zu Freiburg die Höhe der Sonne in dem Augenblicke, in chem die Uhr Nachmittags $1^h\ 58'\ 36''$ zeigte, die Höhe des Sonne telpunktes gleich $30^0$; wir haben also

$$z = 90^0 - 30^0 = 60^0,$$
$$p = 90^0 + (6^0\ 32'\ 55'') = 96^0\ 32'\ 55'',$$

da am genannten Tage die Declination der Sonne — $(6^0\ 32'\ 55'')$ trägt, und

$$a = 42^0.$$

Aus diesen Daten ergiebt sich

$$S = 28^0\ 26' = 1^h\ 52'.$$

Da nun für den fraglichen Tag $c = 12'\ 2''$, so ist die mittlere des Beobachtungsmomentes

$$MZ = 2^h\ 4'\ 2''.$$

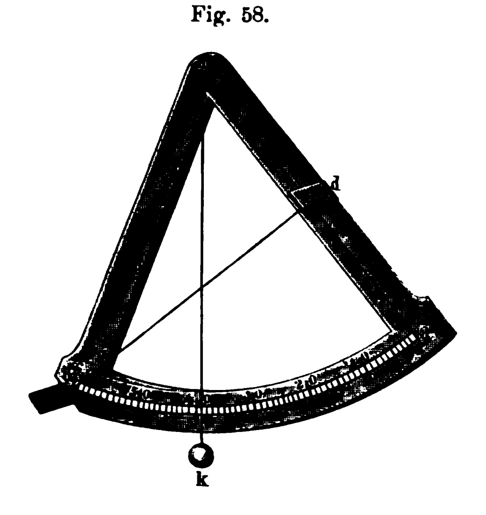
Da aber die Uhr $1^h\ 58'\ 36''$ zeigte, so ergiebt sich, dass diese um $5'\ 26''$ nachging.

Um Sonnenhöhen so genau zu messen, als es zur Bestimmung Zeit für das bürgerliche Leben erforderlich ist, genügen einfachere strumente als die, welche wir früher kennen lernten; gewöhnlich w man in diesem Falle den Sextanten an.

Fig. 58 zeigt einen Sextanten der einfachsten Art. Er bestel Wesentlichen aus einem getheilten Sechstelkreis (daher der Name),

mit zwei Radien ein Dreieck bildet. *m* ist der Mittelpunkt des geen Bogens. An dem Schenkel *ma*, welcher dem Nullpunkt der

Fig. 58.




Theilung entspricht, ist ein Messingblättchen *d* so befestigt, dass ein von der gegenüberstehenden Spitze *b* auf *ma* gefälltes Perpendikel gerade die Mittellinie dieses Blättchens trifft. Parallel mit diesem ist bei *b* ein zweites Messingblättchen angebracht. In der Mitte des Blättchens *b* ist eine Linie eingeritzt, während *d* ein kleines rundes Loch enthält. Von *m* hängt ein Faden herab, welcher eine Bleikugel *k* trägt.

Hält man nun das Innent so, dass seine Ebene in die Verticalebene der Sonne und der tten von *d* gerade auf *b* fällt (was man daran erkennt, dass die enstrahlen, welche durch die kleine Oeffnung in *d* fallen, einen hel'leck auf der Mittellinie von *d* bilden), so kann man auf dem geen Kreise die Höhe der Sonne ablesen. Es ist nämlich *bd* die Richder Sonnenstrahlen. Der Winkel aber, welchen *bd* mit der Horilen macht, ist gleich dem Winkel *amk*, da *am* auf *bd* und *mk* auf Horizontalen rechtwinklig steht; der Bogen von *a* bis zum Bleiloth , also die Sonnenhöhe.

Da es schwierig ist, den Sextanten in freier Hand sicher genug zu n, so wird er in der Regel mit einem passenden Stativ versehen, ies eine feste Aufstellung erlaubt.

Solche Sextanten von 6 bis 8 Zoll Radius sind in der Regel von mit aufgeklebter Papierscala.

Eine sehr zweckmässige Einrichtung hat neuerdings Eble dem unten gegeben. Bei einem Halbmesser von 13 Zoll ist der Bogen ttelbar in $^1/_2$ Grade eingetheilt.

Die gemessenen Sonnenhöhen bedürfen noch, bevor man sie in die nung einführen kann, einer Correction wegen der atmosphärischen lenbrechung, welche wir erst im zweiten Buche werden kennen ler-

Die Theilung des Eble'schen Sextanten ist so eingerichtet, dass unmittelbar die corrigirte Höhe ablesen kann.

Aus den beobachteten Sonnenhöhen den Stundenwinkel zu berechist immerhin eine etwas langwierige und für Manchen auch schwieArbeit. Deshalb hat bereits gegen Ende des vorigen Jahrhunderts

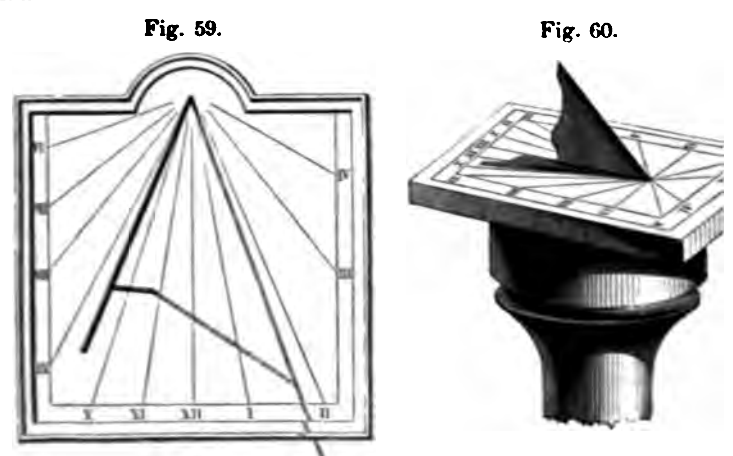
Fr. Chr. Müller Tafeln berechnet, in welchen man für Orte vo
bis 54. Breitegrade für die von Grad zu Grad fortschreitenden S
höhen die entsprechende Zeit aufschlagen kann.

Müller's Sonnentafeln, welche zuerst zu Leipzig im Jahre
erschienen, leiden an mehrfachen Uebelständen, vermöge deren d
ihnen entnommene Zeit bis auf 10 Minuten unrichtig sein kann.
sinnreich hat Eble die Aufgabe, aus den beobachteten Sonnenhöh
Zeit abzuleiten, auf graphischem Wege mittelst eines sogenannten
nomischen Netzes gelöst, welches sehr empfohlen zu werden v
(Neues Zeitbestimmungswerk von Eble, Ellwangen 1853). Man
nach dieser Methode mittelst des Eble'schen Sextanten und Net
Zeit bis auf $^1/_2$ Minute genau finden.

Es versteht sich von selbst, dass man auch einfache Sternhöh
Zeitbestimmung anwenden kann.

33 **Die Sonnenuhr.** Die einfachste Methode der Zeitbestimm
wohl die mittelst der Sonnenuhr, welche im Wesentlichen aus
parallel mit der Weltaxe befestigten Stabe und aus einer Fläche b
welche bei Sonnenschein den Schatten jenes Stabes auffängt. De
bildet die Axe, um welche sich die Schattenebene mit derselben Ges
digkeit umdreht, mit welcher die Sonne am Himmel fortschreitet
sie dreht sich in jeder Stunde um 15 Grad. Zu gleichen Tage
d. h. gleich viel Stunden vor oder gleich viel Stunden nach der
nation der Sonne, wird also die Schattenebene stets dieselbe Lage
und aus der Lage der Schattenebene, also auch aus der Lage de
schattens auf einer gegen den Stab unveränderlich festen Eben
man auf die Zeit schliessen.

Fig. 59. Fig. 60.




Die Ebene, welche den Schatten auffängt, ist gewöhnlich ein
ale Wand oder eine horizontale Platte, auf welcher die Linien

nd, auf welche der Stabschatten 1, 2, 3 u. s. w. Stunden vor, und 1, , 3 u. s. w. Stunden nach dem wahren Mittag fallen muss.

Fig. 59 stellt eine Sonnenuhr mit verticaler schattenauffangender Vand (mit verticalem Zifferblatte) dar.

Bei kleinen Sonnenuhren ist häufig der schattengebende Stab durch ne verticale Metallplatte ersetzt, deren oberer gradliniger Rand die ichtung der Weltaxe hat. Fig. 60 stellt eine derartige kleine Sonnenır mit horizontalem Zifferblatte dar.

Eine Sonnenuhr giebt natürlich nur wahre Sonnenzeit; um nach r die mittlere Zeit zu bestimmen, muss man die Zeitgleichung nach r Tabelle auf Seite 85 in Rechnung bringen.

Eine grosse Genauigkeit ist von einer derartigen Sonnenuhr beeiflicherweise nicht zu erwarten.

**Bestimmung des Frühlingspunktes.** Da die Rectascension 34 der Gestirne auf dem Aequator vom Frühlingspunkte an gezählt wird . 30), so ist es von der grössten Wichtigkeit, dass nicht allein die Lage ieses Punktes, sondern auch der Moment genau bestimmt werde, in elchem der Mittelpunkt der Sonne denselben passirt.

Um den Zeitpunkt zu erhalten, in welchem die Sonne durch den rühlingspunkt geht, bedarf es nichts weiter, als dass man an den Mitgen vor und nach diesem Durchgang die Höhe der Sonne im Meridian it möglichster Genauigkeit misst.

Man hat z. B. zu Wien, für welchen Ort die Aequatorhöhe 41° 47′ 24″ eträgt, im Jahre 1830 die Höhe des Sonnenmittelpunktes zur Zeit des ahren Mittags gefunden:

am 20. März 41° 32′ 13″
am 21. März 41 55 54.

araus folgt, dass der Durchgang der Sonne durch den Aequator in der eit zwischen dem Mittage des 20. und des 21. März erfolgt ist.

In dieser Zwischenzeit von 24 Stunden hat die Höhe der Sonne um

23′ 41″

agenommen. Zur Zeit des wahren Mittags am 20. März war die Höhe er Sonne noch um 15′ 11″ geringer als die Aequatorhöhe von Wien der mit anderen Worten, die südliche Declination der Sonne betrug 15′ 11″.

Da man nun weiss, dass am genannten Tage die Declination der onne in 24 Stunden um 23′ 41″ zunimmt, und man ohne merklichen 'ehler in der Zwischenzeit die Zunahme der Declination als gleichförmig nnehmen kann, so hat man zur Berechnung des Zeitpunktes, in welchem er Mittelpunkt der Sonne den Aequator erreicht, die Proportion

$$23' \, 41'' : 24^h = 15' \, 11'' : x^h,$$

voraus folgt $x = 15{,}386$ Stunden oder $15^h \, 23' \, 10''$, d. h. der Durchang des Sonnenmittelpunktes durch den Frühlingspunkt fand also im ahre 1830 $15^h \, 23' \, 10''$ nach dem wahren Mittag des 20. März Statt.

Um aber auch genau den Ort des Frühlingspunktes zu bestim-

men, hat man an den genannten Tagen auch noch die Zeit der Culmination der Sonne und irgend eines Fixsternes zu beobachten. Man hat z. B. 1830 zu Wien beobachtet

| | Culmination | |
|---|---|---|
| | der Sonne | $\alpha$ arietis |
| am 20. März | $0^h$ | $1^h\ 59'\ 59''$ |
| am 21. März | 0 | $1^h\ 56'\ 21''$ |

so ist klar, dass die Rectascension der Sonne vom wahren Mittag des 20. März bis zum wahren Mittag des 21. März, also in 24 Stunden, um $3'\ 38''$ gewachsen ist. Um zu finden, wie viel sie in $15^h\ 23'\ 10''$ zunimmt, haben wir also die Gleichung

$$24^h : 0^h\ 3'\ 38'' = 15^h\ 23'\ 10'' : x,$$

woraus $x = 0^h\ 2'\ 19''$.

Zur Zeit des wahren Mittags am 20. März war die Rectascensionsdifferenz zwischen Sonne und $\alpha$ arietis $1^h\ 59'\ 59''$. Zur Zeit, in welcher die Sonne den Frühlingspunkt erreichte, war diese Differenz um $2'\ 19''$ kleiner, sie war also

$$1^h\ 57'\ 40''.$$

Dies ist nun die Rectascension von $\alpha$ arietis im Jahre 1830, wodurch dann die Lage des Frühlingspunktes für diese Zeit, d. h. der Winkel genau bestimmt ist, welchen der Aequinoctialcolur mit dem Declinationskreise des Sternes $\alpha$ arietis macht.

Man bezeichnet mit dem Namen des **tropischen Jahres** die Zeit zwischen zwei auf einander folgenden Durchgängen der Sonne durch den Frühlingspunkt. Die Dauer des tropischen Jahres beträgt

365,24224 Tage

oder

365 Tage $5^h\ 48'\ 51''$,

was etwas weniger als $365\,^1/_4$ Tag ist.

35 **Der Kalender.** Das **bürgerliche Jahr** muss natürlich stets aus einer ganzen Anzahl von Tagen bestehen. Dadurch entsteht aber ein Unterschied zwischen dem bürgerlichen und dem tropischen Jahre, welcher jedoch durch besondere Bestimmungen der Kalenderrechnung, die wir sogleich näher betrachten wollen, wieder ausgeglichen werden kann.

Das Jahr der alten Aegyptier betrug stets 365 Tage, sie nahmen also das Jahr stets $^1/_4$ Tag zu kurz an, und dieser Fehler musste sich im Laufe der Zeit so anhäufen, dass derselbe Kalendertag allmälig durch alle Jahreszeiten hindurchlief. Fiel z. B. zu einer bestimmten Zeit der 21. März mit dem Frühlingsäquinoctium zusammen, so musste nach ungefähr 365 Jahren der 21. März in die Zeit des Wintersolstitiums fallen.

Um diesem Uebelstande abzuhelfen, verordnete Julius Cäsar im Jahre 45 v. Chr. eine Reform des Kalenders, welche darin bestand, dass das gemeine Jahr zu 365 Tagen gerechnet, dass aber alle 4 Jahre ein

'ag eingeschaltet werden sollte, so dass das 4te Jahr stets 366 Tage ätte. Diese Jahre von 366 Tagen werden Schaltjahre genannt. Während der Februar eines gemeinen Jahres nur 28 Tage hat, so hat derselbe Monat in einem Schaltjahre 29 Tage.

Die Jahresdauer, wie sie Julius Cäsar angenommen hatte, nämlich $365^1/_4$ Tag, war noch nicht genau, sie war noch um 0,00776 Tage zu gross und daraus ergiebt sich ein Fehler von 0,776 Tagen in 100 Jahren, also nahe 3 Tagen in 400 Jahren. Der julianische Kalender ist also in 400 Jahren ungefähr 3 Tage zu viel.

Durch das Concilium von Nicäa wurde die Bestimmung getroffen, dass das Osterfest stets am ersten Sonntag gefeiert werden sollte, welcher dem ersten Vollmond nach dem Frühlingsäquinoctium folgt. — Zur Zeit dieses Conciliums, im Jahre 325, fiel die Frühlings-Tag- und Nachtgleiche auf den 21. März. — Man fuhr nun fort, nach dem julianischen Kalender zu zählen bis 1582, zu welcher Zeit dann die Zeit des Frühlingsäquinoctiums schon merklich verrückt war; es fand nämlich nicht mehr am 21. März Statt, wie im Jahre 325, sondern es fiel auf den 11. März.

Vom Jahre 325 bis 1582 waren 1257 Jahre verflossen. Da der Fehler des julianischen Kalenders 0,00776 Tage im Jahre beträgt, so war er also im Laufe dieser 1257 Jahre auf 9,7, also fast auf 10 Tage gewachsen. Man hatte in der Zwischenzeit 10 Schalttage zu viel eingeschaltet und war dadurch um 10 Tage im Kalender zurückgekommen. Deshalb verordnete Gregor XIII., dass auf den 4. October 1582 gleich der 15. October folgen sollte, um so den seit dem Concilium von Nicäa angewachsenen Fehler auszugleichen.

Damit aber dieser Fehler für die Zukunft vermieden werde, wurde verordnet, dass auf je 400 Jahre 3 Schalttage ausfallen sollten, was durch die Bestimmung erreicht wird, dass das erste Jahr eines jeden Jahrhunderts, welches nach dem julianischen Kalender ein Schaltjahr ist, nur 365 Tage haben sollte, wenn die Jahreszahl nicht durch 400 theilbar ist. So bleiben also die Jahre 1600 und 2000 Schaltjahre, die Jahre 1700, 1800, 1900 aber, sowie 2100, 2200, 2300 sind es nicht.

Der gregorianische Kalender wurde alsbald unter allen Völkern eingeführt, welche der römischen Kirche angehören; und bald wurde er auch von den Protestanten angenommen. Die Griechen und Russen haben noch bis auf den heutigen Tag den julianischen Kalender beibehalten, so dass ihre Zeitrechnung gegenwärtig um 12 Tage gegen die unsrige zurück ist. Der 1. Januar des russischen Kalenders ist der 13. Januar des unserigen. Der 20. Mai alten Stils ist der 1. Juni neuen Stils.

**Rückgang der Aequinoctialpunkte.** Wir haben bisher den Frühlingspunkt als einen festen Punkt des Himmels betrachtet, was er aber in der That nicht ist. Verfolgt man den Lauf der Sonne längere 36

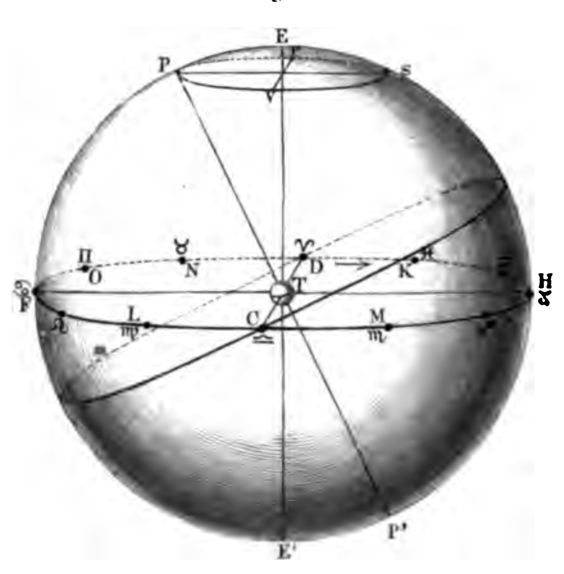
Zeit, so ergiebt sich zwar, dass der Weg, welchen sie unter den Ge
nen beschreibt, im Wesentlichen ungeändert bleibt, dass aber die Pu
in welchen die Ekliptik von dem Himmelsäquator durchschnitten
langsam von Osten nach Westen fortrücken, also der Bewegung
Sonne entgegen.

Im Laufe eines Jahrhunderts beträgt dieser Rückgang der Tag-
Nachtgleichen 1° 23′ 30″, in einem Jahre also 50″.

Da also der Frühlingspunkt stets von Osten nach Westen fortsc
tet, so ist klar, dass die Länge der Gestirne fortwährend wächst.
parch fand z. B. im Jahre 130 v. Chr. die Länge von *α* virginis (S
gleich 174°, während sie gegenwärtig 201,5° ist. Dabei bleibt die B
der Gestirne nahezu unverändert, weil die Ebene der Ekliptik ihre
nicht ändert.

Fig. 61 stellt die gegenseitige Lage der Ekliptik und des Him
äquators dar. Beide Ebenen schneiden sich in der Linie *CD*; *C* ist

Fig. 61.




Herbstpunkt, *D* ist der Frühlingspunkt. Nach dem oben Gesagten
diese Linie allmälig ihre Lage ändern: der Frühlingspunkt rückt vo
gegen *K*, der Herbstpunkt von *C* gegen *L* fort; es ist also klar,
der Frühlingspunkt im Laufe von Jahrtausenden von einem Stern
zum anderen wandern wird. Wenn der mit 0♈ bezeichnete Frühlingsp
sich gegenwärtig in *D* befindet, so wird er in 2333 Jahren um 30°
Westen gewandert sein, 0♈ wird alsdann an derselben Stelle des
mels stehen, welche jetzt mit 0♓ bezeichnet ist, also in *K*.

Es ist bereits oben S. 79 und 82 bemerkt worden, dass gegenwär- ; der Frühlingspunkt ungefähr am westlichen Ende des Sternbildes r Fische liegt, vor 2300 Jahren lag also der Frühlingspunkt noch am stlichen Ende des Sternbildes des Widders, also an dem Punkt *N*, g. 61, den wir jetzt mit 0♉ bezeichnen. Damals fiel also das Zeichen s Widders mit dem Sternbild des Widders zusammen, die Sonne pas- te den Frühlingspunkt mit dem Eintritt in das Sternbild des Widders. s dieser Zeit rührt wahrscheinlich die Eintheilung der Ekliptik in 12 Zeichen des Thierkreises. Allmälig ging nun die Uebereinstim- ung zwischen den Zeichen und den gleichnamigen Sternbildern ver- en, weil der Frühlingspunkt auf das folgende Sternbild fortrückte, wäh- d man ihn doch stets als den Nullpunkt des ersten Zeichens im Thier- eis (0♈) beibehielt.

Da die Ebene der Sonnenbahn (gewisse Schwankungen abgerech- t, von denen alsbald die Rede sein wird) ungeändert bleibt, so lässt ch der Rückgang der Aequinoctialpunkte nur durch die Annahme er- ären, dass die Ebene des Himmelsäquators allmälig ihre Stellung än- rt. Die Lage des Himmelsäquators ist aber durch die Richtung der rdaxe bedingt, auf welcher derselbe rechtwinklig steht. In Fig. 61 ien *E* und *E'* die Pole der Ekliptik, *PP'* die Weltaxe, also die ver- ngerte Erdaxe. Wenn sich nun die Ebene des Himmelsäquators so rehen soll, dass ihre Durchschnittslinie mit der Ebene der Ekliptik sich s der Lage *CD* gegen *LK* hin dreht, so muss auch die Weltaxe eine rehung erleiden, und zwar wird die Weltaxe *PP'* bei ihrer Umdrehung m die Axe *EE'* eine Kegelfläche beschreiben.

Daraus folgt nun auch weiter, dass die Himmelspole keine absolut nveränderlichen Punkte sind. Der Nordpol des Himmels wandert nach nd nach durch die ganze Peripherie des Kreises *PrSV*; um aber die- n Kreis vollständig zu durchlaufen, ist eine Zeit von ungefähr 26 000 ahren nöthig.

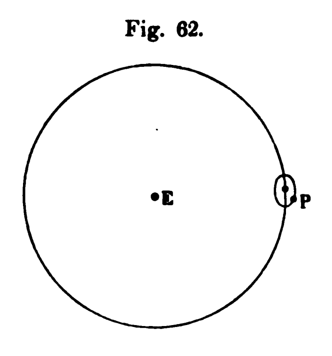
In der Sternkarte Tab. III. ist der Kreis gezogen, welchen der Nordpol s Himmels um den Pol der Ekliptik beschreibt. Der Stern α des kleinen ären, welcher jetzt ungefähr 1½ Grad von dem Nordpol des Himmels ab- eht, war zur Zeit Hipparch's noch fast 12 Grad von demselben ent- rnt, konnte damals also noch nicht als Polarstern bezeichnet werden. er Nordpol des Himmels nähert sich diesem Sterne noch bis zum Jahre 095, wo er nur noch 26 Minuten von ihm abstehen wird. Darauf ent- rnt sich der Nordpol des Himmels wieder von α ursae minoris, um in s Sternbild des Cepheus überzugehen. Nach 12 000 Jahren wird lyrae dem Nordpol nahe stehen.

Der in diesem Paragraphen besprochene Rückgang der Nachtglei- en wird auch mit dem Namen der Präcession bezeichnet.

**Nutation.** Der Rückgang der Aequinoctialpunkte ist nicht ganz 37 leichförmig, sondern er zeigt Schwankungen, deren Periode ungefähr

$18^1/_2$ Jahre beträgt. Ebenso ist auch der Winkel, welchen die E mit der Axe der Ekliptik macht, nicht ganz constant, sondern er det kleine Variationen, welche an dieselbe Periode gebunden sind, sich die Erdaxe der Axe der Ekliptik abwechselnd etwas näher sich dann wieder von ihr entfernt. Dieses Wanken der Erdaxe be net man mit dem Namen der **Nutation**.

Fig. 62.

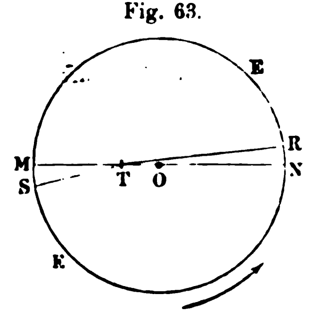



Der Nordpol des Himmels besc also nicht, wie es in dem vorigen graphen angenommen wurde, eine nen Kreis um den Pol der Ekliptil dern eine wellenförmige Curve. solche Bewegung erklärt sich, wen annimmt, der Pol $P$, Fig. 62, b sich auf einer kleinen Ellipse, dere telpunkt sich mit gleichförmige schwindigkeit um den Pol $E$ der tik bewegt. Die grosse Axe diese nen Ellipse beträgt 9,6″, die klein

38 **Erklärung der scheinbaren Bewegung der Sonne** einfachsten scheint sich auf den ersten Anblick die scheinbare Bew der Sonne dadurch erklären zu lassen, dass man annimmt, die Son schreibe wirklich um die feststehende Erde im Laufe eines Jahres Kreis, dessen Ebene einen Winkel von 23° 28′ mit der Ebene des melsäquators macht. In der That war dies auch die im Alterthum schende Ansicht. Um aber zu erklären, dass die Geschwindigkei welcher die Sonne in der Ekliptik fortschreitet, bald langsamer schneller ist, und da man doch die Hypothese nicht aufgeben wollt die Sonne ihre kreisförmige Bahn mit gleichförmiger Geschwin durchliefe, nahm **Hipparch** an, dass sich die Erde nicht im Mittel der Sonnenbahn befinde.

Wenn die Sonne mit gleichförmiger Geschwindigkeit den Krei Fig. 63, durchläuft, die Erde sich aber in $T$ ausserhalb des Kreis punktes befindet, so wird die Bewegung der Sonne, von der Er

Fig. 63.




gesehen, nicht mehr gleichförmig e nen; denn wenn auch die gleichen $NR$ und $MS$ von der Sonne in g Zeiten durchlaufen werden, so sin die Winkel, unter welchen diese von $T$ aus gesehen, erscheinen, nicht sondern sie verhalten sich umg wie die Entfernungen $NT$ und $M$ scheinbare Geschwindigkeit der ist kleiner, wenn sie sich bei $N$, al sie sich bei $M$ befindet.

Denken wir uns durch den Mittelpunkt $O$ des Kreises $EE$ und die : $T$ eine gerade Linie gezogen, welche den Kreis in den Punkten $M$ $N$ schneidet, so befindet sich die Sonne bei $M$ in der kleinsten, bei ı der grössten Entfernung von der Erde, der Punkt $M$ wird deshalb Perigäum (Erdnähe), $N$ aber das Apogäum (Erdferne) geıt. Die Sonne passirt das Perigäum zu Ende December, das Apoı zu Ende Juni.

Die gerade Linie $MTON$, welche die Erde mit dem Mittelpunkte Sonnenbahn verbindet, wird die Absidenlinie genannt.

Unter der Voraussetzung, dass sich die Sonne mit gleichförmiger hwindigkeit in ihrer Bahn fortbewegt, kann nun das Verhältniss der ntricität $OT$ zum Halbmesser $OM$ leicht aus der Vergleichung des sten und kleinsten Winkels abgeleitet werden, um welchen die Länge Sonne in 24 Stunden zunimmt. Diese Winkel sind aber 1° 1′ 10,1″ : 3670,1″ und 57′ 11,5″ oder 3431,5″ (S. 81); wir haben also

$$TM : TN = 3431{,}5 : 3670{,}1,$$

aus sich die Excentricität $OT$ ungefähr gleich $^1/_{30}$ vom Halbmesser Sonnenbahn ergeben würde.

Die Hypothese von der gleichförmigen Geschwindigkeit der Sonne ste aber nothwendig aufgegeben werden, nachdem man einmal dahin ommen war, den scheinbaren Durchmesser dieses Gestirns zu chiedenen Zeiten des Jahres mit Genauigkeit zu messen. Wäre parch's Hypothese richtig, so müssten sich die scheinbaren Durchser der Sonne zu Ende Juni und zu Ende December gleichfalls verlen wie 3431 : 3670, während in der That die Sonnendurchmesser diesen Zeiten 31′ 31,0″ und 32′ 35,6″ sind, sich also verhalten wie 1 zu 1956. Daraus geht hervor, dass die Entfernungen $TM$ und $T$ sich verhalten müssen wie 1891,0 zu 1956, woraus folgt, dass die ntricität der Sonnenbahn in der That nur $^1/_{60}$ ist.

Betrachten wir nun die Methoden, welche man angewandt hat, um scheinbaren Durchmesser der Sonne mit Genauigkeit zu bestimmen. chst lässt sich diese Bestimmung mit Hülfe eines jeden im Meridian estellten und mit einem Fadenkreuz versehenen Fernrohrs ausführen; ı hat nur die Zeit zu beobachten, welche vergeht zwischen dem Mot, in welchem der westliche Sonnenrand an den verticalen Faden des enkreuzes herantritt, und demjenigen Moment, in welchem der öst- Sonnenrand diesen Faden verlässt. Bezeichnen wir mit $t$ die zwi- den fraglichen Momenten vergangene, in Minuten ausgedrückte , so ist

$$S = \frac{t \cos. d}{4}$$

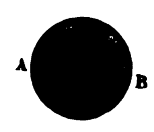
S den in Graden ausgedrückten scheinbaren Durchmesser der Sonne $d$ die Declination der Sonne am Beobachtungstage bezeichnet.

Mit der grössten Genauigkeit lässt sich aber der Durchmesser der ne und anderer Himmelskörper sowohl, wie auch die Distanz nahe

stehender Fixsterne mit dem Heliometer bestimmen, dessen tung folgende ist.

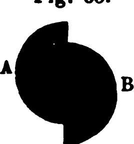
Das Heliometer ist im Wesentlichen ein astronomisches Fernrol Objectiv durch einen diametralen Schnitt in zwei gleiche Hä theilt ist. Die eine Hälfte $A$, Fig. 64, des Objectivs ist i änderlicher Weise mit dem Rohre verbunden, während di

Fig. 64.



Hälfte $B$, Fig. 64 und Fig. 65, in der Rich Schnittfläche verschoben werden kann. Die bung dieser zweiten Objectivhälfte wird du Schraube vermittelt, deren Kopf mit einer ent den Theilung versehen ist, um noch Bruchthe Umdrehung der Schraube mit Genauigkeit al können.

Fig. 65.



Jede Hälfte des Objectivs entwirft nun fü durch das Ocular zu betrachtendes Bild des G des, auf welchen das Rohr gerichtet ist. W die beiden Hälften des Objectivs so neben gestellt sind, dass ihre Mittelpunkte coincidiren so fallen auch die Bilder der beiden Hälften men zusammen, man sieht nur ein Bild, g als ob man nur mit einem ganzen ungetheilten Objectiv hätte.

Sobald man aber die Objectivhälfte $B$ aus dieser Lage nur desten gegen die andere verschiebt, treten die beiden Bilder aus man sieht zwei Bilder des Gegenstandes, auf welchen das Ferr richtet ist, welche um so mehr auseinander treten, je weiter di liche Objectivhälfte $B$ aus ihrer centralen Stellung verschoben w

Ist das Instrument auf die Sonne gerichtet (zu deren Beol man natürlich Blendgläser anwenden muss), so sieht man ein Sonnenbild, Nr. I. Fig. 66, wenn die Objectivhälfte $B$ genau i trale Stellung hat. Sobald man die Objectivhälfte $B$ aus die um etwas verschiebt, treten die beiden Sonnenbilder auseinande

Fig. 66.

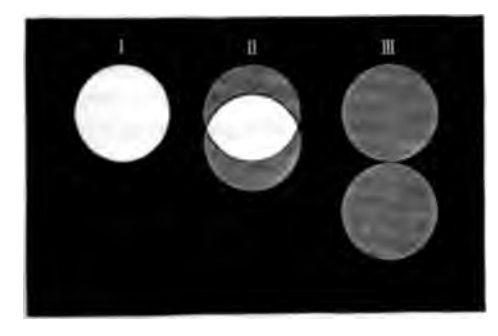



Fig. 66, und zwar sich die Mittelpun beiden Sonnenbilder mehr von einande nen, je weiter die hälfte $B$ verschobe wenn aber endlich schiebung von $B$ fortgesetzt worden i der Mittelpunkt des v baren Sonnenbildes scheinbaren Sonn messer von dem Mit

des festen verschoben ist, so berühren sich die beiden Sonnenbilder, Nr. III. Fig. 66.

Um nun mit einer solchen Vorrichtung die scheinbare Grösse der Sonnenscheibe messen zu können, muss man ermitteln, wie gross die Winkelverschiebung des verschiebbaren Bildes ist, welche einer ganzen Umdrehung der Schraube entspricht, durch welche die zweite Objectivhälfte $B$ verschoben wird. Um eine solche Graduirung der Schraube auszuführen, wird auf geschwärzter Pappscheibe ein weisser Kreis von genau zu messendem Durchmesser aufgetragen und alsdann diese Scheibe in einer grossen, gleichfalls genau zu messenden Entfernung vom Instrument aufgestellt. Da man nun den wahren Durchmesser sowohl wie die Entfernung des gemalten weissen Kreises kennt, so kann man den scheinbaren Durchmesser, d. h. den Winkel berechnen, unter welchem der weisse Kreis dem unbewaffneten Auge eines am Instrument aufgestellten Beobachters erscheint. Wir wollen den berechneten, in Minuten ausgedrückten scheinbaren Durchmesser des gemalten weissen Kreises mit $w$ bezeichnen.

Nun wird das Heliometer auf die Scheibe mit dem weissen Kreis gerichtet und die Anzahl $t$ der Umdrehungen bestimmt, um welche die die verschiebbare Hälfte des Objectivs führende Schraube gedreht werden muss, um die beiden Bilder des weissen Kreises aus der vollkommenen Coincidenz (Nr. I. Fig. 66) heraus, bis zu gegenseitiger Berührung (Nr. III. Fig. 66) zu bringen. Es ergiebt sich daraus, dass jeder Umdrehung der Schraube ein scheinbarer Durchmesser von

$$d = \frac{w}{t} \text{ Minuten}$$

entspricht. Wenn man also mit dem Heliometer die Sonne beobachtend $n$ Umdrehungen der Schraube machen müsste, um die beiden Sonnenbilder aus der vollkommenen Coincidenz bis zur gegenseitigen Berührung zu bringen, so ist der scheinbare Sonnendurchmesser

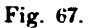
$$D = n\frac{w}{t} \text{ Minuten.}$$

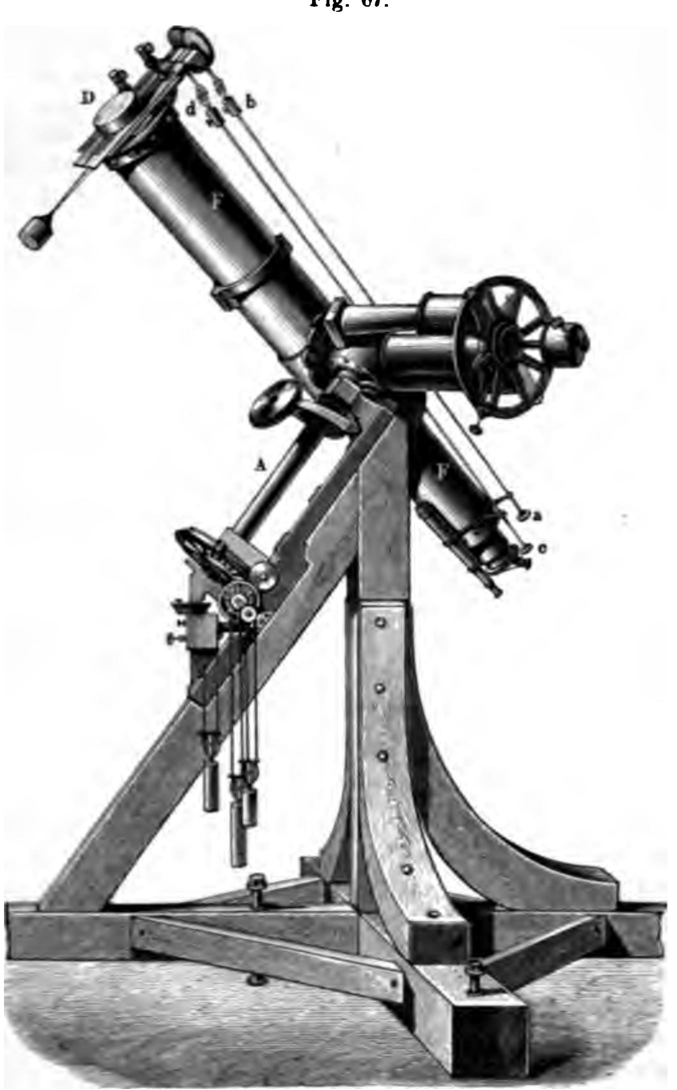
Es ist klar, dass das Heliometer in gleicher Weise auch benutzt werden kann, um den Durchmesser anderer Himmelskörper, des Mondes, der Planeten u. s. w., sowie den Abstand nahe stehender Fixsterne zu messen.

Mit Hülfe des Heliometers kann man sich auch überzeugen, dass die Sonne wirklich vollkommen kugelförmig, dass sie nicht abgeplattet ist wie die Erde. Hat man nämlich die verschiebbare Objectivfläche $B$ so festgestellt, dass das eine Sonnenbild das andere eben berührt, so wird, wenn man nun die beiden Objectivhälften gemeinschaftlich um die Axe des Fernrohrs dreht, das eine Bild, welches von der festen Objectivhälfte erzeugt wird, fest stehen bleiben, während das zweite von der nun excentrisch gestellten Objectivhälfte erzeugte Bild sich um das feste herumbewegt. Führt man diesen Versuch aus, so findet man, dass die beiden Bilder vollkommen in Berührung bleiben, was nicht der Fall sein

würde, wenn die Sonnenkugel nur eine der Erde proportionale Abpl
tung hätte.

Das Heliometer ist eine Erfindung Bouguer's (1748), welc
jedoch statt der beiden Objectivhälften zwei ganze Objective von gl


Fig. 67.




cher Brennweite anwandte, von denen das eine fest, das andere verschie
bar war. Dollond ersetzte die beiden Objective durch die beiden Hä

ten eines und desselben Objectivs, wodurch das Instrument bedeutend vereinfacht und verbessert wurde.

Es versteht sich von selbst, dass das Heliometer, um vollkommen seinem Zweck zu entsprechen, parallaktisch aufgestellt sein und durch ein Uhrwerk um die Weltaxe des Instrumentes gedreht werden muss. Fig. 67 stellt das Heliometer dar, welches Fraunhofer für die Königsberger Sternwarte construirt und mit welchem Bessel viele wichtige Untersuchungen ausgeführt hat. $A$ ist die der Weltaxe parallel zu stel-ende Hauptdrehungsaxe des Instrumentes. $D$ ist das aus zwei getrenn-en Hälften bestehende Objectiv. Längs des Rohres $F$ sind zwei Schlüs-l $ab$ und $od$ angebracht, vermittelst deren der Beobachter ohne das ular zu verlassen, nach Belieben die beiden Objectivhälften zusammen n die Axe des Rohres drehen, oder die Schraube in Bewegung setzen nn, welche die bewegliche Hälfte des Objectivs verschiebt.

**Jährliche Bewegung der Erde um die Sonne.** Aus Grün- 39 n, welche erst in dem Capitel von der Planetenbewegung ihre volle ürdigung finden können, hat man die Annahme, dass die Erde fest ehe und die Sonne um sie herumlaufe, verlassen und lässt statt dessen e Erde um die ruhende Sonne kreisen.

Wir wollen nun zunächst untersuchen, wie sich aus dieser Hypo-ese die scheinbare Bewegung der Sonne in der Ekliptik erklären st.

Der äussere Kreis Tab. V. stellt die Bahn dar, welche die Sonne scheinbar während eines Jahres durchläuft, und zwar ist diese Bahn die 12 Zeichen des Thierkreises eingetheilt. Den Mittelpunkt der igur bildet die Sonne, und um dieselbe ist dann der Kreis gezogen, elchen die Erde im Laufe eines Jahres wirklich durchläuft.

Der Durchmesser der Erdbahn sollte freilich verschwindend klein in gegen den Durchmesser des Thierkreises. Obgleich nun dies Ver-ältniss auch nicht entfernt annähernd eingehalten ist, so kann man doch s dieser Figur ersehen, an welcher Stelle der Ekliptik die Sonne scheinen muss, wenn die Erde verschiedene Orte ihrer Bahn einnimmt. Befindet sich die Erde in $A$, so trifft eine von $A$ aus nach der nne gezogene und über dieselbe hinaus verlängerte Linie die Ekliptik dem Punkte 0♈, $A$ ist also der Ort, an welchem sich die Erde zur it des Frühlingsäquinoctiums befindet. Während nun die Erde in der ichtung des Pfeils von $A$ bis $B$ fortschreitet, scheint, von ihr aus ge-hen, die Sonne die Zeichen Widder, Stier und Zwillinge zu durchlaufen, d wenn die Erde in $B$ angekommen ist, so steht die Sonne offenbar rade vor 0♋, d. h. sie tritt gerade in das Zeichen des Krebses ein.

Während die Erde den zweiten, dritten und vierten Quadranten, so die Wege von $B$ bis $C$, von $C$ bis $D$, von $D$ bis $A$ durchläuft, be-wegt sich die Sonne scheinbar der Reihe nach vor den Sternzeichen Krebs, Löwe, Jungfrau, Wage, Scorpion, Schütze, Steinbock, Wassermann

und Fische her, die Sonne scheint also die Ekliptik in der angeg Richtung zu durchlaufen.

Während die Erde in der angegebenen Weise um die Sonne l läuft, dreht sie sich aber auch noch in je 24 Stunden um ihre Ax Erdaxe aber steht nicht rechtwinklig auf der Ebene der Ekliptik, s sie macht einen Winkel von 66° 32′ mit derselben, so dass also de äquator, mithin auch de melsäquator einen Wink 23° 28′ mit der Ebene de bahn machen.

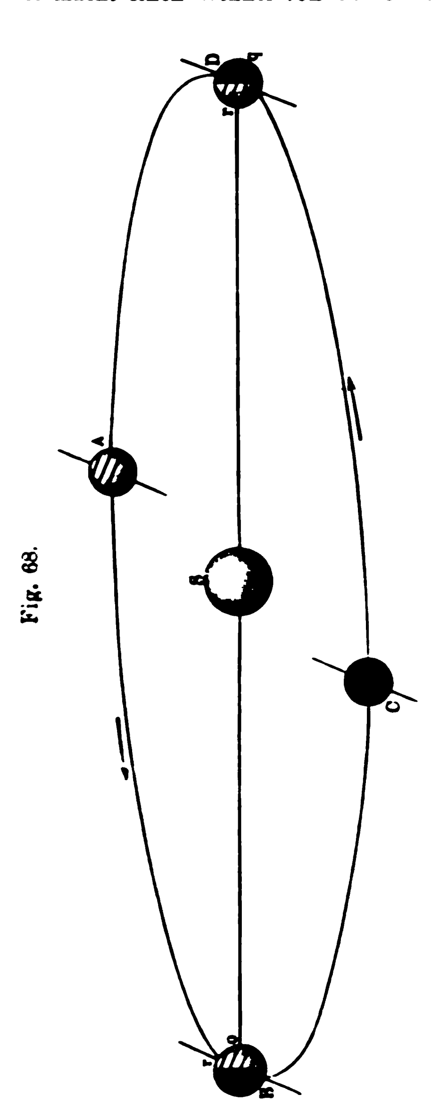


Fig. 68.

Da nun die Lage de axe, sowie die Lage de melsäquators das ganz hindurch unverändert l so müssen wir annehme die Erdaxe trotz der fort tenden Bewegung der Erd stets dieselbe Richtung in raume beibehält, dass a Erdaxe immer parallel m selbst fortrückt. Es is zwar auch in Tab. V. zu nen, deutlicher aber siel es in Fig. 68, welche di bahn perspectivisch darst

Betrachten wir da hältniss der Erde zu de nenstrahlen etwas näher, hen wir, dass zur Zeit de tersolstitiums, also we Erde bei *D*, Fig. 68, ste Sonnenstrahlen rechtwinl einen Punkt *r* fallen, welc 28′ südlich vom Aequato

In Fig. 68 ist die Er zu klein, um die hier in kommenden Verhältnisse deutlich übersehen zu l deshalb ist sie in Fig. gleicher Stellung, wie Fig. 68, in vergrössertem stabe dargestellt, und F (s. S. 108) zeigt die auf di der Ekliptik projicirte Er zur Zeit des Wintersolsti

**Der Parallelkreis** $rq$, welcher 23° 28′ südlich vom Aequator liegt, , die südlichste Grenze, für welche die Sonne im Zenith erscheinen

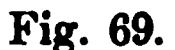
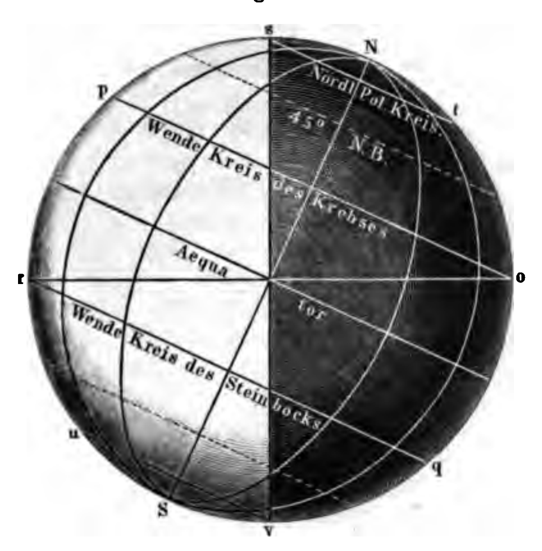


Fig. 69.




**an.** Weil nun die Sonne, wenn die Erde bei $D$ steht, in das Zeichen des **einbocks** eintritt, so heisst dieser Parallelkreis $rq$ der Wendekreis **s Steinbocks.**

**Wenn** die Sonne in das Zeichen des Steinbocks tritt, wenn sich **e Erde also** bei $D$, Tab. V. und Fig. 68, befindet, so tangiren die Son**nstrahlen** die nördliche Erdhälfte in $s$, Fig. 69, die südliche in $v$. **er durch** $s$ gelegte Parallelkreis $st$ heisst der nördliche, der durch **gelegte** Parallelkreis $uv$ heisst der südliche Polarkreis.

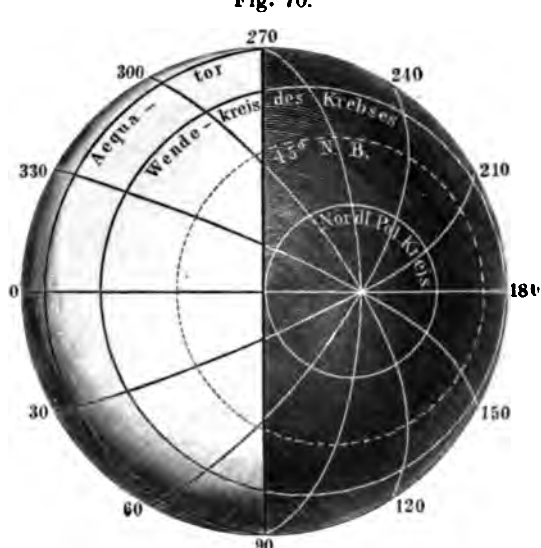
**Der** südliche Polarkreis $uv$ bildet die Gränze derjenigen Orte, für **lche zur** Zeit des Wintersolstitiums in Folge der Axendrehung der **rde noch** ein Auf- und Untergang der Sonne innerhalb 24 Stunden **attfindet.** Für alle Orte des südlichen Polarkreises ist der längste Tag **I Stunden** und für alle Orte, welche innerhalb des südlichen Polarkrei**s liegen,** geht zur Zeit des Wintersolstitiums die Sonne nicht mehr **iter** (siehe oben §. 16).

**Von** dem ganzen Flächenraum, welcher innerhalb des nördlichen **larkreises** $st$ liegt, bleiben zur Zeit des Wintersolstitiums die Sonnen**rahlen** gänzlich abgehalten. Es ist dies die Zeit der längsten Nacht **r die** nördliche Hemisphäre, und diese dauert auf dem nördlichen Polar**eise** 24 Stunden.

**Von** $D$, Tab. V. und Fig. 68, aus gelangt die Erde während des **ichsten** Vierteljahres nach $A$, und nun tritt die Sonne in das Zeichen

des Widders. Es ist dies die Zeit des **Frühlings-Aequinoctiums.** Die Sonnenstrahlen treffen jetzt rechtwinklig auf einen Punkt des Aequators

Fig. 70.




und tangiren die beiden Pole. Der grösste Kreis der Erdkugel, welcher die beleuchtete von der dunklen Erdhälfte scheidet, geht jetzt durch die beiden Pole, er halbirt also alle Parallelkreise, und daher kommt es denn, dass um diese Zeit Tag und Nacht auf der ganzen Erde gleich sind.

Wenn die Erde in *B* angekommen ist, wenn sie also ins Zeichen des Krebses eintritt, so fallen die Sonnenstrahlen rechtwinklig auf denjenigen Punkt *o* des 23° 28′ nördlich vom Aequator liegenden Kreises *o p*, für welchen die Sonne gerade culminirt. Der Kreis *op* enthält also die nördlichsten Punkte der Erde, für welche die Sonne noch ins Zenith kommen kann. Er wird der **Wendekreis des Krebses** genannt.

Zur Zeit des Sommersolstitiums geht während der täglichen Umdrehung die Sonne innerhalb des nördlichen Polarkreises nicht mehr unter, innerhalb des südlichen nicht mehr auf. Der nördliche Polarkreis hat jetzt seinen längsten Tag von 24 Stunden und ebenso lang ist zu dieser Zeit die Nacht des südlichen Polarkreises.

Zur Zeit des Herbstäquinoctiums, wenn die Erde in *C* angelangt ist, sind die Insolationsverhältnisse dieselben wie zur Zeit der Frühlings-Tag- und Nachtgleiche.

40 **Eintheilung der Erde in fünf Zonen.** Durch die beiden **Wendekreise** und die beiden **Polarkreise** wird die Erde in fünf Zonen getheilt.

Die heisse Zone ist der Erdgürtel, welcher zwischen den beiden Wendekreisen liegt und dessen Mitte der Erdäquator bildet.

Die nördliche gemässigte Zone ist der Raum zwischen dem Wendekreis des Krebses *po*, Fig. 71, und dem nördlichen Polarkreis *st*. Diesem entspricht die südliche gemässigte Zone zwischen dem südlichen Wendekreis *rq* (dem Wendekreis des Steinbocks) und dem südlichen Polarkreis *uv*.

Fig. 71.




Die nördliche und südliche kalte Zone endlich sind die durch den nördlichen und südlichen Polarkreis eingeschlossenen Flächenräume. Der Nordpol bildet den Mittelpunkt der nördlichen, der Südpol bildet den Mittelpunkt der südlichen kalten Zone.

Am 22. Juni erreicht die Sonne für die auf dem nördlichen Wendekreise gelegenen Orte zur Mittagszeit das Zenith, während am 22. December für dieselben Orte zur Mittagszeit die Sonne 46° 56′ von dem Zenith absteht. Auf den Wendekreisen variirt also die Höhe der Sonne zur Mittagszeit von 43° 4′ bis 90°.

An allen zwischen den beiden Wendekreisen gelegenen Orten geht die Sonne zweimal im Jahre durch das Zenith. Die Zeitpunkte aber, in welchen dies stattfindet, rücken um so weiter aus einander, je weiter man sich von den Wendekreisen aus dem Aequator nähert. Auf dem Aequator selbst liegen diese Zeitpunkte um $\frac{1}{2}$ Jahr aus einander, indem hier die Sonne das Zenith zur Zeit des Frühlings- und des Herbstäquinoctiums passirt.

Für den Aequator ist die grösste Höhe, welche die Sonne des Mittags erreicht, 90°, die geringste 66° 32′.

Der niedrigste Sonnenstand für den Aequator ist also immer noch etwa um 3° grösser als der höchste Stand, welchen die Sonne im mittleren Deutschland am 21. Juni erreicht, und für die Wendekreise ist der niedrigste Sonnenstand ungefähr demjenigen gleich, welcher auf dem 50. Breitengrade zu Ende März stattfindet. Der ganze Erdgürtel, welcher zwischen den beiden Wendekreisen liegt, ist demnach das ganze Jahr hindurch einer sehr kräftigen Wirkung der Sonnenstrahlen ausgesetzt, weshalb er auch den Namen der heissen Zone führt.

Ausserhalb der Wendekreise erreicht die Sonne nie mehr das Zenith, und ihre Strahlen fallen um so schräger auf, je mehr man sich den Polen nähert. Auf den Polarkreisen ist die grösste Mittagshöhe, welche die Sonne erreicht, ungefähr der geringsten Mittagshöhe der Wendekreise gleich. Zur Winterszeit aber sinkt die Höhe der Sonne um Mittag auf den Polarkreisen bis auf 0 herab; es ist also klar, dass die Wärme,

welche durch die Sonnenstrahlen auf der Erdoberfläche hervorgebracht wird, von den Wendekreisen gegen die Polarkreise hin rasch abnehmen muss.

Ueber die Polarkreise hinaus, wo die Sonnenstrahlen längere Zeit gar nicht hintreffen und wo sie, wenn die Sonne auch über dem Horizont steht, doch nur sehr schräg auffallen, muss nothwendig eine sehr niedrige Temperatur herrschen; deshalb heisst auch der vom nördlichen Polarkreis eingeschlossene Flächenraum die nördliche kalte Zone, während der entsprechende den Südpol umgebende Raum die südliche kalte Zone genannt wird.

Da die Wärmeentwickelung auf der Erdoberfläche fast ausschliesslich von den Sonnenstrahlen herrührt, so ist klar, dass das Klima eines Landes vorzugsweise durch die Insolationsverhältnisse bedingt ist; die Wirksamkeit der Sonnenstrahlen wird aber noch durch mancherlei Umstände modificirt, und so kommt es, dass Orte von gleicher geographischer Breite keineswegs auch stets gleiches Klima haben; wie dies im dritten Buche ausführlicher wird besprochen werden.

Die Abwechselung unserer Jahreszeiten hängt von dem Wechsel der Insolationsverhältnisse ab. In unserem Kalender wird als Frühling die Zeit bezeichnet, während welcher die Sonne den Bogen vom Frühlingspunkte bis zum nördlichen Solstitialpunkte durchläuft.

Während unseres Sommers geht die Sonne vom nördlichen Solstitialpunkt bis zum Herbstpunkte. Herbst und Winter sind die Zeiten, während welcher die Sonne vom Herbstpunkte bis zum südlichen Solstitialpunkte und von diesem wieder bis zum Frühlingspunkte fortschreitet.

41 **Tagesdauer an verschiedenen Orten und in verschiedenen Jahreszeiten.** Nach §. 16 ist es klar, dass die Dauer des Tages, d. h. die Zeit, während welcher die Sonne über dem Horizont bleibt, von der Stellung abhängt, welche dieses Gestirn gerade am Himmel einnimmt, dass sie sich also mit der Jahreszeit ändert.

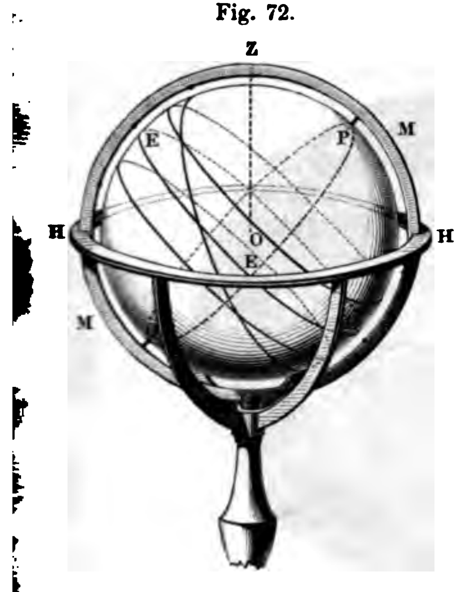
Wenn die Sonne gerade auf dem Himmelsäquator steht, so ist für alle Orte der Erde ihr Tagbogen dem Nachtbogen gleich, Tag und Nacht sind überall gleich lang, daher denn auch die Punkte, in welchen die Sonnenbahn den Himmelsäquator schneidet, Aequinoctialpunkte genannt werden.

Je mehr die nördliche Declination der Sonne zunimmt, desto mehr wächst für die nördliche Erdhälfte ihr Tagbogen, bis er endlich zur Zeit des Sommersolstitiums ein Maximum wird. Befindet sich dagegen die Sonne auf der südlichen Hemisphäre des Himmels, so ist auf der Nordhälfte der Erde der Tagbogen kleiner, der Nachtbogen grösser, und am längsten wird die Nacht zur Zeit des Wintersolstitiums.

Wie lang für einen bestimmten Ort der Erde die Dauer des Tages zu einer gegebenen Zeit des Jahres sei, kann man mit Hülfe eines Himmelsglobus leicht ermitteln. Man braucht nur die Axe $PQ$ des Globus,

Fig. 72, so gegen die Ebene des Horizontes $HH$ zu neigen, wie es der Polhöhe des Ortes entspricht, und alsdann diejenige Stelle der Ekliptik zu bezeichnen, an welcher sich gerade die Sonne befindet. Man kann nun leicht mittelst des Stundenkreises sehen, wie viel Stunden der Tagbogen der Sonne beträgt. Soll z. B. ermittelt werden, wie gross der Tagbogen der Sonne am 1. Mai für das mittlere Deutschland sei, so hat man zunächst den Globus so zu stellen, dass die Axe $PQ$ einen Winkel von 50 Grad mit dem Horizont macht. Am 1. Mai ist die Länge der Sonne $40^1/_2$ Grad, man hat also auf der Ekliptik $40^1/_2$ Grad vom Frühlingspunkte an nach Osten zu zählen, um den Punkt zu finden, an welchem sich gerade die Sonne befindet. Der Globus wird nun in diejenige Stellung gebracht, welche dem Aufgang des bezeichneten Punktes entspricht, und die Stellung des Zeigers auf dem Stundenkreise gemerkt; alsdann wird die Kugel von Ost nach West bis zum Untergang des bezeichneten Punktes gedreht und die Grösse der Drehung auf dem Stundenkreise abgelesen. Man findet auf diese Weise für den Tagbogen der Sonne am 1. Mai im mittleren Deutschland $14^1/_2$ Stunden.

Fig. 72.




Nach diesem Verfahren ist es auch leicht, die Dauer des längsten und des kürzesten Tages für einen beliebigen Ort auf der Erde zu finden.

Diese Aufgabe lässt sich auch ohne Globus mit Hülfe einer einfachen geometrischen Construction auflösen.

Fig. 73 (a. f. S.) stelle die Erde zur Zeit des Wintersolstitiums dar, und zwar auf eine Ebene projicirt, welche mit der Erdaxe parallel und rechtwinklig auf der Ebene der Ekliptik steht. Alle Parallelkreise erscheinen hier zur Linie verkürzt. — Die Linie $sv$, welche die beleuchtete Erdhälfte von der dunkeln scheidet, theilt den Aequator in zwei gleiche Theile, alle übrigen Parallelkreise aber in ungleiche Theile. Derjenige Theil eines Parallelkreises nun, welcher auf der erleuchteten Erdhälfte liegt, verhält sich zum ganzen Kreisumfang wie die Dauer des kürzesten Tages zu 24 Stunden. Um die Dauer des kürzesten Tages für einen gegebenen Parallelkreis zu bestimmen, hat man also nur zu ermitteln, wie gross der erleuchtete Bogen dieses Parallelkreises ist.

Um dies besser zu übersehen, ist die Erde in ihrer dem Wintersol-

stitium entsprechende Lage in Fig. 74 auf die Ebene der Ekliptik p
cirt, dargestellt. Man sieht hier, wie in Fig. 73, dass um diese Zei
ganze nördliche Polarkreis in Schatten liegt, dass für diesen als

Fig. 73.

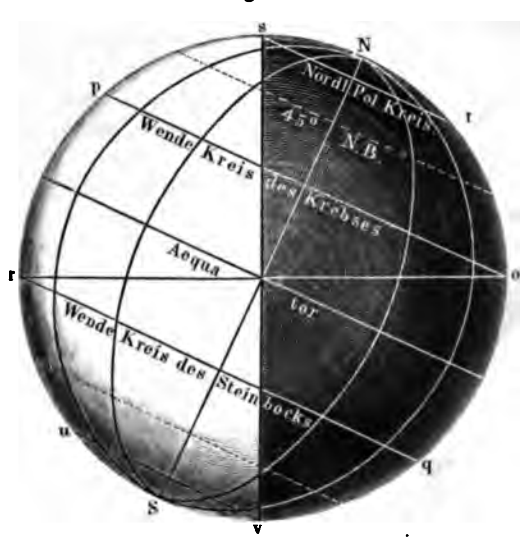
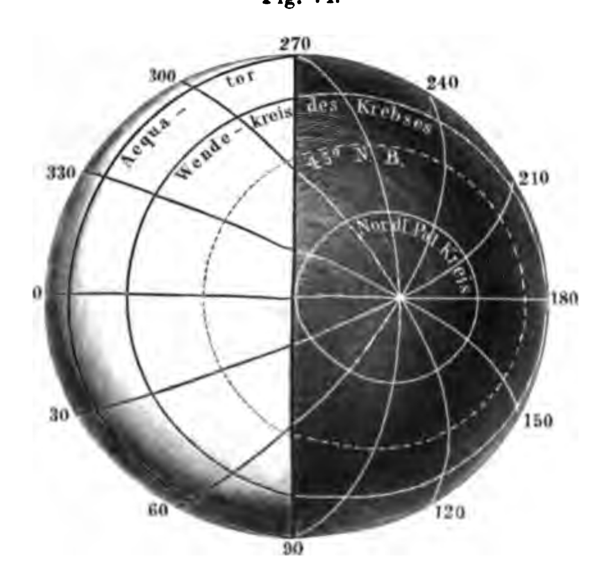



Fig. 74.



der längsten Nacht 24 Stunden beträgt, die Dauer des kürzesten also 0 ist.

on dem Parallelkreis 45 Grad nördlicher Breite sind ungefähr rade erleuchtet. Da nun 15 Bogengrade einer Stunde entsprechen, also für den 45. Grad nördlicher Breite die Dauer des kürzesten

$$\frac{128}{15} = 8{,}5 \text{ Stunden.}$$

benso ergiebt sich aus der Figur, dass für den nördlichen Wende- lie Dauer des kürzesten Tages zwischen 10 und 11 Stunden beträgt. ie folgende Tabelle giebt die Dauer des längsten und des kürze- ages für verschiedene geographische Breiten an:

| e. | Dauer des längsten Tages. | Dauer des kürzesten Tages. | Breite | Dauer des längsten Tages. | Dauer des kürzesten Tages. |
|---|---|---|---|---|---|
| | 12h 0′ | 12h 0′ | 40° | 14h 51′ | 9h 9′ |
| | 12 17 | 11 43 | 45 | 15 26 | 8 34 |
| | 12 35 | 11 25 | 50 | 16 9 | 7 51 |
| | 12 53 | 11 7 | 55 | 17 7 | 6 53 |
| | 13 13 | 10 47 | 60 | 18 30 | 5 30 |
| | 13 34 | 10 26 | 65 | 21 9 | 2 51 |
| | 13 56 | 10 4 | 66° 32′ | 24 0 | 0 0 |
| | 14 26 | 9 38 | | | |

ir Orte, welche innerhalb der Polarkreise liegen, wechselt die des Tages von 0 bis 24 Stunden in dem Theil des Jahres, in wel- lie Sonne noch auf- und untergeht. Die Anzahl der Tage aber, d welcher die Sonne stets über dem Horizont bleibt, ohne unter- n, und die Zahl der Tage, während welcher sich die Sonne gar ber den Horizont erhebt, wechselt mit der Breite. Die folgende giebt die Anzahl dieser Tage an für verschiedene nördliche von 66° 32′ bis 90°.

| Nördliche Breite. | Die Sonne geht nicht unter ungefähr in | Die Sonne geht nicht auf ungefähr in |
|---|---|---|
| 66° 32′ | 1 Tag | 1 Tag |
| 70 | 65 Tagen | 60 Tagen |
| 75 | 103 " | 97 " |
| 80 | 134 " | 127 " |
| 85 | 161 " | 153 " |
| 90 | 186 " | 179 " |

Dass für die nördliche kalte Zone die Zahl der Tage, an we
die Sonne nicht untergeht, grösser ist, als die Zahl der Tage, an we
sie unter dem Horizont bleibt, rührt daher, dass die Sonne über
länger auf der nördlichen Hemisphäre des Himmels verweilt als a
südlichen. Für die südliche kalte Zone ist die Zahl der Tage, a
chen die Sonne nicht aufgeht, gleich der Zahl der Tage, an welc
gleicher nördlicher Breite kein Untergang stattfindet. In einer süd
Breite von 75 Grad bleibt die Sonne 103 Tage anhaltend unsic
während sie dann wieder 97 Tage lang nicht untergeht.

Wir haben hier die Tagesdauer betrachtet, wie sie sich au
geometrischen Beobachtungen ergiebt, ohne Rücksicht auf den E
der atmosphärischen Strahlenbrechung und der Dämmerung zu ne
Wie durch diese Einflüsse die Dauer des Tages verlängert wird, k
wir erst im zweiten Buche untersuchen.

42 **Wahre Gestalt der Erdbahn.** Wir haben gesehen, da
scheinbare Durchmesser der Sonne im Laufe eines Jahres bald ab-
zunimmt. Wenn man nun die scheinbare Bewegung der Sonne i
ihren Verhältnissen und Beziehungen durch eine wirkliche Bew
der Erde erklären will, so darf man die Sonne nicht in den Mittel
der Erdbahn setzen, und zwar folgt aus den in §. 38 entwickelten
den, dass die Excentricität der Erdbahn gleich $^1/_{60}$ ihres halben
messers sein muss.

Um aber auch die Veränderungen der scheinbaren Geschwin
der Sonne mit den entsprechenden Variationen ihres Durchmesse
den daraus sich ergebenden Veränderungen ihrer Entfernung v
Erde in Uebereinstimmung zu bringen, muss man die Ansicht auf
als ob die Erde sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit in ihrer
fortbewegte. Nach §. 38 verhalten sich die Entfernungen zwische
und Sonne am 1. Januar und am 1. Juli wie 18 910 zu 19 556.
Quadrate dieser Zahlen verhalten sich wie 1 zu 1,0695, und d
gerade auch das Verhältniss der in §. 27 bereits mitgetheilten täg
Winkelgeschwindigkeiten an den genannten Tagen; daraus folgt als
die Winkelgeschwindigkeit, mit welcher sich die Erde
der Sonne aus gesehen, fortbewegt, sich umgekehrt ve
wie das Quadrat der Entfernung beider Weltkörper.

Bezeichnen wir mit $W_1$ und $W_f$ die von der Sonne aus ges
Winkelgeschwindigkeiten der Erde für die Entfernungen 1 und $f$,
demnach

$$W_f = \frac{W_1}{f^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1).$$

Nun ist aber offenbar der Bogen $TT'$, Fig. 75, welchen die E
einer gegebenen Zeit zurücklegt, dem Winkel $TST'$ und der Entfe
$TS$ proportional; bezeichnen wir also die den Entfernungen 1
entsprechenden Bogen mit $B_1$ und $B_f$, so haben wir

$$B_1 = n W_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$
$$B_f = n W_f . f \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3).$$

Setzen wir in Gleichung (3) den aus Gleichung (1) genommenen 'erth von $W_f$, so kommt:

$$B_f = \frac{n W_1}{f^2} . f = \frac{n W_1}{f}$$

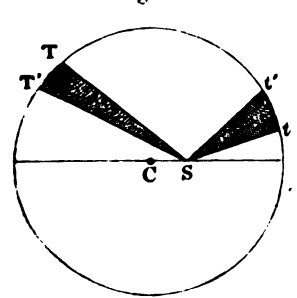
er, wenn man nach Gleichung (2) $B_1$ für $W_1$ setzt:

$$B_f = \frac{B_1}{f},$$

s heisst in Worten: die in gleichen Zeiten von der Erde in rer Bahn zurückgelegten Bogen verhalten sich umgekehrt e die Entfernung der Erde von der Sonne.

Wenn sich aber die in gleichen Zeiten von der Erde beschriebenen ›gen $TT'$ und $tt'$, Fig. 75, umgekehrt verhalten wie die Entfernungen $TS$ und $tS$, so folgt, dass der Inhalt des Dreiecks $TST'$ dem Inhalt des Dreiecks $tSt'$ gleich ist.

Fig. 75.




Das obige Gesetz lässt sich demnach auch folgendermaassen aussprechen:

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Erde in ihrer Bahn fortschreitet, ist von der Art, dass der Leitstrahl (radius vector), welchen man sich von der Sonne zur Erde gezogen denken kann, in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume beschreibt.

Dieses Gesetz der Geschwindigkeiten, welches unter dem Namen des sten Kepler'schen Gesetzes bekannt ist, gilt, wie wir im nächsten pitel sehen werden, in gleicher Weise auch für alle übrigen um die nne kreisenden Planeten.

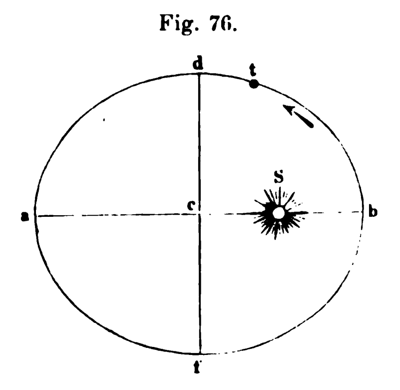
Nach dem zweiten Kepler'schen Gesetze ist die Bahn aller neten, folglich auch die Bahn der Erde, welche durch Copernicus ter die Planeten eingereiht worden ist, kein Kreis, sondern eine lipse, und die Sonne befindet sich in dem einen Brennpunkte rselben.

Die grosse Axe $ab$, Fig. 76 (a. f. S.), dieser Ellipse führt den Naen der Absidenlinie; die Entfernung der Sonne von dem Mittelnkte $c$ ist die Excentricität der Erdbahn; sie beträgt ungefähr $^1/_{60}$ r halben grossen Axe $ca$, und daraus folgt, dass die Ellipse, welche e Erde innerhalb eines Jahres durchläuft, sehr wenig von der Kreisstalt abweicht. In unserer Figur ist die Excentricität viel zu gross nommen, damit die elliptische Gestalt deutlicher hervortrete. Die

kleine Axe $df$ der Erdbahn verhält sich zur grossen Axe $ab$ wie 0,99986 zu 1.

Wenn sich die Erde in $b$, dem einen Endpunkte der grossen Axe, befindet, so ist sie in der Sonnennähe, im Perihelium; ihre grösste Entfernung von der Sonne erreicht sie im anderen Endpunkte $a$ der grossen Axe; hier ist die Erde in der Sonnenferne, im Aphelium.

Fig. 76.




Am 1. Januar ist die Sonne im Perihelium, am 1. Juli ist sie im Aphelium.

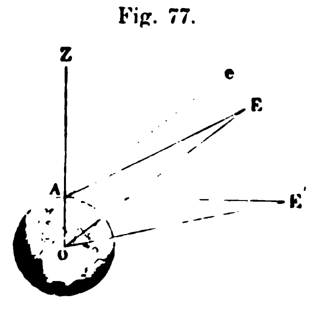
Die Absidenlinie macht einen Winkel von ungefähr 10 Grad mit der geraden Linie, welche die Solstitialpunkte verbindet.

Im Perihelium ist die fortschreitende Bewegung der Erde in ihrer Bahn am schnellsten, im Aphelium ist sie am langsamsten.

43 **Entfernung der Sonne von der Erde.** Wir haben bisher nur das Verhältniss betrachtet, in welchem die Entfernung der Sonne von der Erde im Laufe eines Jahres sich ändert, ohne dass von der absoluten Grösse dieser Entfernung die Rede gewesen wäre.

Zur Bestimmung der Entfernung eines Gestirns von der Erde werden dieselben Grundsätze in Anwendung gebracht, welche man auch anwendet, um die Entfernung eines unzugänglichen Punktes auf der Erde zu ermitteln. — Wenn man von einem Punkte $A$ der Erdoberfläche aus ein Gestirn $E$, Fig. 77, beobachtet, so sieht man es nicht genau in derselben Richtung, als wenn man sich im Mittelpunkte $O$ der Erde befände; $OE$ oder die damit parallele Linie $Ae$ macht einen kleineren Winkel mit der Verticalen $OAZ$ als die Visirlinie $AE'$. Der Winkel $eAE$ oder der ihm gleiche Winkel $AEO$ wird nun die Parallaxe des Gestirnes $E$ genannt. Die Parallaxe ist also nichts Anderes als der Winkel, um welchen sich die Zenithdistanz des Gestirnes vermindern würde, wenn man vom Beobachtungsorte $A$ zum Mittelpunkte der

Fig. 77.



de herabsteigen und von dort aus das Gestirn $E$ beobachten nnte.

Die Parallaxe eines Gestirnes wird ein Maximum sein, wenn sich selbe in der Horizontalebene des Beobachtungsortes $A$ befindet, wie In diesem Falle wird die Parallaxe mit dem Namen der Horizonparallaxe bezeichnet. Die Horizontalparallaxe eines Gernes ist der Winkel, unter welchem der Halbmesser der de, von jenem Gestirn aus gesehen, erscheint.

Ist der Durchmesser der Erde und die Horizontalparallaxe eines tirnes bekannt, so kann man daraus die Entfernung desselben von Erde berechnen.

Da der Mittelpunkt der Erde unzugänglich ist, so kann die Horitalparallaxe auch nicht unmittelbar gemessen werden. Um sie zu len, muss man gleichzeitig die Zenithdistanz des Gestirnes mit grosser auigkeit an zwei Orten der Erde messen, welche bei nahe gleicher graphischer Länge möglichst weit von einander entfernt sind. Aus en Messungen lässt sich dann, wie wir bald sehen werden, die Horitalparallaxe ableiten.

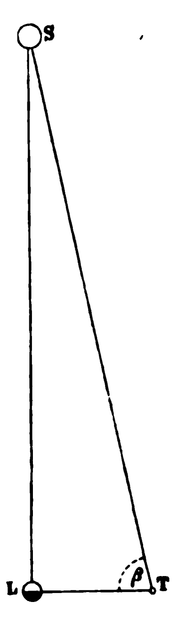
Je weiter ein Gestirn von der Erde entfernt ist, desto kleiner wird e Parallaxe, und desto schwieriger wird es, sie mit hinreichender auigkeit zu bestimmen, weil alsdann die unvermeidlichen Beobachgsfehler einen viel zu bedeutenden Bruchtheil des gesuchten Werthes nachen und die geringste Verschiedenheit im Werthe der Horizontallaxe schon enorme Veränderungen im Werthe der Entfernung des tirnes nach sich zieht. Die Parallaxe der Sonne ist schon viel zu n, als dass man sie auf dem angedeuteten Wege mit einer Genauig- ermitteln könnte, welche auch nur eine angenähert richtige Bestimng der Entfernung der Sonne von der Erde zuliesse; nur auf inditem Wege lässt sich diese für die Astronomie so wichtige Grösse mit eichender Genauigkeit bestimmen, und daher kommt es denn auch, s man noch bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts ganz unrich- Vorstellungen von der Entfernung der Sonne hatte.

Man nahm diese Entfernung früher stets zu klein an. Nach Pygoras sollte die Sonne 16- bis 18 000 Meilen von der Erde entfernt n. Aristarch von Samos bestimmte die Horizontalparallaxe der ne zu 3′, wonach ihre Entfernung von der Erde 1146 Erdhalbmesser tragen würde. Kepler war geneigt, die fragliche Parallaxe auf 1′ zu duciren und Halley nahm sie nur zu 25″. Alle diese Werthe waren er noch zu gross.

Was nun die indirecten Methoden zur Bestimmung der Entfernung r Sonne von der Erde betrifft, so gründen sie sich darauf, dass man nächst die Entfernung solcher Gestirne zu bestimmen sucht, welche tweder, wie der Mond, der Erde stets näher sind als die Sonne, oder lche, wie Mars und Venus, wenigstens in gewissen Zeiten ihr näher mmen, und alsdann von diesen auf die Entfernung der Sonne schliesst.

Wie wir im fünften Capitel sehen werden, ist der Mond sehr nahe um 60 Erdhalbmesser von dem Mittelpunkte der Erde entfernt. Wenn man nun in dem Moment, in welchem der Mond gerade das erste oder letzte Viertel zeigt, wo also die Gränze zwischen dem erleuchteten und dem dunklen Theile des Mondes genau eine gerade Linie bildet, den Winkelabstand zwischen Sonne und Mond misst, so hat man damit die nöthigen Data, um die Entfernung der Sonne von der Erde zu berechnen. In Fig. 78 sei $T$ die Erde, $L$ der Mond, $S$ die Sonne. In dem besprochenen Zeitpunkte steht die Linie $SL$ rechtwinklig auf $LT$; da man nun den Winkel $STL$, den wir mit $\beta$ bezeichnen wollen, gemessen hat, so ergiebt sich

Fig. 78.




$$TS = \frac{LT}{cos.\ \beta}.$$

Auf diesem Wege hat in der That Riccioli die Entfernung der Sonne von der Erde annähernd genau bestimmt; einer grösseren Schärfe ist jedoch diese Methode nicht fähig, weil man nicht mit grosser Genauigkeit den Augenblick ermitteln kann, wo jene Lichtgränze des Mondes eine gerade Linie ist.

Hat man die Horizontalparallaxe des Mars oder der Venus, also die Entfernung dieser Planeten von der Erde, zur Zeit ihrer Erdnähe ermittelt, so kann man mit Hülfe der im nächsten Capitel zu besprechenden Kepler'schen Gesetze die Entfernung der Sonne berechnen. Nach dieser Methode wurde in der That die Entfernung der Sonne angenähert richtig bestimmt. Die Vergleichung der Marsbeobachtungen, welche Richer auf der bereits auf Seite 67 erwähnten Reise angestellt hatte, mit den gleichzeitigen Observationen von Picard und Römer in Paris, ergab für den Mars eine Parallaxe von 25,5″, woraus für die Sonnenparallaxe ein Werth von 9,5 Secunden folgt. Aus später beobachteten Marsoppositionen wurden noch grössere Werthe der Sonnenparallaxe (10″ ja 10,7″) berechnet.

Im Jahre 1862 hat man den Mars zur Zeit seiner Opposition auf verschiedenen Sternwarten der nördlichen und südlichen Hemisphäre (Pulkawa, Greenwich, Washington, Cap der guten Hoffnung, Santiago de Chili u. s. w.) auf das Sorgfältigste beobachtet. Aus der Discussion dieser Meridianbeobachtungen des Mars hat nun der amerikanische Astronom Newcomb den Werth der Sonnenparallaxe zu 8,855 Secunden abgeleitet.

Im Jahre 1691 hatte Halley darauf aufmerksam gemacht, dass die seltene, im nächsten Capitel näher zu besprechende Erscheinung eines

›rüberganges der Venus vor der Sonnenscheibe ein Mittel bie-
, die Parallaxe der Sonne weit genauer zu bestimmen, als nach den
iher besprochenen Methoden. Mit Ungeduld erwartete man deshalb die
:hste ekliptische Conjunktion dieses Planeten, welche am 5. Juni 1761
ttfand, und aus deren Beobachtung sich ein zwischen 8″ und 9″ lie-
nder Werth für die Sonnenparallaxe ergab.

Der nächste Venusdurchgang, welcher am 3. Juni 1769 stattfand,
rde mit möglichster Genauigkeit an verschiedenen möglichst vortheil-
t gelegenen Orten der Erde beobachtet. Aus einer Combination aller
nals gemachten zuverlässigen Beobachtungen leitete Encke 8,6″ als
ı Werth der Horizontalparallaxe der Sonne ab.

Nehmen wir 8,6″ für den mittleren Werth der Horizontalparallaxe
· Sonne, so ist der Abstand der Sonne von der Erde gleich

$$\frac{1}{tang\ 8{,}6''} = \frac{1}{0{,}00004169} = 24\,000 \text{ Erdhalbmessern.}$$

Aus dem oben mitgetheilten Werthe der Excentricität der Erdbahn
giebt sich dann, dass die Entfernung der Erde von der Sonne im Peri-
lium 23 600, im Aphelium aber 24 400 Erdhalbmesser beträgt.

Da der Erdhalbmesser gleich 860 geographischen Meilen ist (S. 62),
trägt demnach die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde in
nder Zahl 20 Millionen geographische Meilen.

Spätere Berechnungen haben einen etwas grösseren Werth für die
nnenparallaxe ergeben und zwar im Mittel 8,915″, wonach dann der
ttlere Abstand der Erde von der Sonne gleich 19 884 000 Meilen ist.

Um diesen Raum zu durchlaufen, würde eine Kanonenkugel (1000′
schwindigkeit in der Secunde) eine Zeit von 12 Jahren brauchen.

**Dimensionen der Sonne.** Nach §. 38 erscheint uns der Durch- **44**
sser der Sonne, wenn sie sich in ihrer mittleren Entfernung von der
de befindet, unter einem Winkel von 32′ 3,3″ oder 1923,3″, während
gekehrt, dem vorigen Paragraphen zufolge, die Erde von der Sonne
s gesehen, nur unter einem Winkel von 17,2″ erscheint. Der Durch-
sser der Sonne ist demnach $\frac{1923{,}3}{17{,}2}$, also 112 mal so gross als der Durch-
sser der Erde.

Daraus folgt dann weiter, dass der körperliche Inhalt der Sonne
104 928mal grösser ist, als das Volumen der Erde.

Der Durchmesser der Sonne beträgt 190 000, der Umfang derselben
bezu 580 000 geographische Meilen.

Die Fig. 79 (a. f. S.) dient dazu, eine Vorstellung von dem Grössen-
rhältniss der Sonne und der Erde zu geben. Unterhalb des grossen
issen Kreises, welcher die Sonne darstellt, befindet sich ein ganz klei-
r weisser Kreis, welcher die Erde im richtigen Verhältniss zur Sonne
stellt. Rechts von der Erde sieht man in verhältnissmässiger Entfer-
ng den Mond. Man sieht, dass eine Kugel, deren Halbmesser die Ent-

fernung des Mondes von der Erde ist, kaum mehr als den halben Rad der Sonne haben würde. Wenn also die Sonne hohl wäre und die E sich in ihrem Mittelpunkte befände, so könnte der Mond in seiner je gen Entfernung von der Erde noch um dieselbe kreisen, und würde d der äusseren Sonnenhülle nur unbedeutend näher sein als ihrem Mit punkte.

Die Mittelpunkte der beiden Kreise, welche in Fig. 79 Sonne u Erde im richtigen Grössenverhältniss darstellen, müssten in eine Ent

Fig. 79.




nung von 16,5 Metern gebracht werden, wenn diese Entfernung sich dem Durchmesser der weissen Scheibe in Fig. 79 ebenso verhalten so wie die Entfernung der Erde von der Sonne zum Durchmesser der So

In den oberen Ecken der Fig. 79 sieht man noch im richti Grössenverhältniss die Planeten Jupiter und Saturn dargestellt, von chen später die Rede sein wird.

Viertes Capitel.

# Die Planeten.

---

**Scheinbare Bewegung der Planeten.** Ausser der Sonne 45
dem Monde giebt es noch andere Gestirne, welche zwar im Ansehen
Fixsternen ähnlich, dennoch ihre Stellung unter denselben fortwäh-
ändern, und deshalb Wandelsterne oder Planeten genannt
len.

Den Alten waren nur diejenigen Planeten bekannt, welche mit blossem
e sichtbar sind. Es sind deren fünf: Mercur ☿, Venus ♀, Mars ♂,
iter ♃ und Saturn ♄.

Die Bahnen dieser älteren Planeten liegen der Sonnenbahn so nahe,
sie sich nur um einige Grade nördlich oder südlich von der Eklip-
entfernen. Die Gestalt dieser Bahnen ist aber weit verwickelter als
der Sonnenbahn, wie man sich aus der Betrachtung von Fig. 1 Tab. 3,
. 4, Tab. 5 und Tab. 6 überzeugen kann.

Fig. 1 Tab. 3 stellt die Bahn der Venus im Jahre 1847 dar. Vom
nuar bis zum 5. September erscheint sie noch ziemlich einfach; die
s bewegte sich während dieser Zeit wie die Sonne von West nach Ost
ihre Bahn. ist der Sonnenbahn ziemlich ähnlich; dann aber bildet sie,
Zeitlang sich in entgegengesetzter Richtung, d. h. von Ost nach
t bewegend, eine förmliche Schleife.

Aehnliche Erscheinungen bieten alle Planeten. Im grössten Theil
r Bahn bewegen sie sich von West nach Ost, sie sind dann recht-
ig, während eine kürzere Zeit hindurch ihre Bewegung die ent-
ngesetzte Richtung hat, d. h. rückläufig ist.

Bei dem kleinen Maassstabe der Fig. 1 auf Tab. 3, ist natürlich keine
se Genauigkeit möglich, deshalb ist ein Theil der Venusbahn des
es 1847, und zwar gerade derjenige, welcher die Schleife enthält,
Tab. 4, in grösserem Maassstabe dargestellt.

Auf Tab. 5 findet man die scheinbare Bahn des Saturn für die Jahre 1852 und 1853. Dieselbe Figur zeigt auch ein Stück der Mercursbahn von 1852.

Ein Planet erscheint stationär zur Zeit, wo seine rechtläufige Bewegung in eine rückläufige, oder umgekehrt die rückläufige Bewegung wieder in die rechtläufige übergeht; denn in dieser Zeit sind die Ortsveränderungen der Planeten sehr unbedeutend.

Den Winkelabstand eines Planeten von der Sonne nennt man seine Elongation.

Zwei der genannten Planeten, Mercur und Venus, entfernen sich nie weit von der Sonne. Für den Mercur ist die grösste Elongation 22⁰, für die Venus kann sie bis auf 48⁰ wachsen. Deshalb sind diese beiden, welche die unteren Planeten genannt werden, auch nur kurz vor Sonnenaufgang am östlichen, oder nach Sonnenuntergang am westlichen Himmel sichtbar.

Die übrigen Planeten, welche die oberen Planeten genannt werden, können sich dagegen um alle Winkeldistanzen von der Sonne entfernen.

Wenn ein Planet gleiche Rectascension mit der Sonne oder einem anderen Planeten hat, wenn sie also zusammen durch den Meridian gehen, so sagt man, sie seien in Conjunction, und bezeichnet dies durch ☌. Wenn man z. B. in einem astronomischen Jahrbuche findet, dass für den 10. Juli 1854 ♀ ☌ ♄, so heisst dass, dass an dem genannten Tage Venus und Saturn in Conjunction sind, also (fast) gleichzeitig durch den Meridian gehen.

Wenn ein Planet um 90⁰ von der Sonne absteht, so sagt man, er sei mit der Sonne in Quadratur, und bezeichnet dies durch □. So war z. B. für den 8. September 1854 ♄ □ ⊙ d. h. an diesem Tage stand Saturn um 90⁰ von der Sonne ab, die Differenz in der Culminationszeit der Sonne und des Saturn betrug also 6 Stunden.

Wenn ein Planet um 180⁰ von der Sonne absteht, so dass er um Mitternacht culminirt, so sagt man, dass er in Opposition sei, und bezeichnet dies durch ☍. Am 15. Juli 1854 war ♃ ☍ ⊙.

Nur die oberen Planeten können, dem oben Gesagten zufolge, mit der Sonne in Quadratur und in Opposition kommen; Mercur und Venus niemals. Dagegen unterscheidet man bei den unteren Planeten eine obere und eine untere Conjunction. Die erstere findet Statt, wenn der Planet in rechtläufiger Bewegung die Sonne passirt, wenn er also von ihrer Westseite auf die Ostseite derselben tritt; die untere Conjunction dagegen ist diejenige, bei welcher der Planet in rückläufiger Bewegung an der Sonne vorbeizieht.

Betrachten wir den Lauf der Planeten näher, so bemerken wir, dass die Abwechselung zwischen recht- und rückläufiger Bewegung in enger Beziehung zur Constellation der Planeten mit der Sonne steht. Die rechtläufige Geschwindigkeit ist für die oberen Planeten zur Zeit der Conjunction, für die unteren zur Zeit der oberen Conjunction

in Maximum; dagegen ist die rückläufige Bewegung am schnellten zur Zeit der Opposition bei den oberen, und der unteren Conjunction bei den unteren Planeten.

Die Bildung der Schleifen in den Planetenbahnen ist also an einen estimmten Cyclus gebunden, sie wiederholt sich, so oft der Planet mit er Sonne in Opposition oder untere Conjunction kommt. Die Zeit von iner Oppostion oder unteren Conjunction bis zur nächsten, also gewissermassen ein scheinbarer Umlauf des Planeten in Beziehung auf die Sonne, wird die synodische Revolution oder die synodische Umaufszeit genannt; sie hat für die einzelnen Planeten folgende Werthe:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Mercur . . . | 115 | Tage | 21 | Stunden |
| Venus . . . | 583 | „ | 22 | „ |
| Mars . . . | 780 | „ | 0 | „ |
| Jupiter . . . | 398 | „ | 22 | „ |
| Saturn . . . | 378 | „ | 2 | „ |

Für die Venus beträgt also die Zeit zwischen zwei auf einander lgenden unteren Conjunctionen ungefähr 1 Jahr und 7 Monate, r den Mars beträgt die Zeit von einer Opposition bis zur nächsten inahe 2 Jahre und 2 Monate.

Ferner sehen wir, dass die Planetenbahnen theilweise nördlich, heilweise südlich von der Ekliptik liegen. Das Stück der Saturnsbahn, elches auf Tab. 5. verzeichnet ist, liegt zwar ganz auf der Südseite der onnenbahn, allein im Laufe des Jahres 1857 ging er auf die Nordseite erselben über.

Die Punkte, in welchen eine Planetenbahn die Sonnenbahn schneiet, werden die Knoten genannt, und zwar ist der aufsteigende Knoten (☊) derjenige, in welchem der Planet von der Südseite der Ekliptik auf die Nordseite übertritt, während der Punkt, in welchem die is dahin nördliche Breite des Planeten in eine südliche übergeht, mit en Namen des niedersteigenden Knotens (☋) bezeichnet wird.

Die Zeit zwischen je zwei auf einander folgenden Durchgängen eines laneten durch den aufsteigenden Knoten wird die siderische Umaufszeit des Planeten genannt. Die folgende Tabelle enthält (jedoch ur bis auf Stunden genau) die siderische Umlaufszeit für die mit blossem uge sichtbaren Planeten:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mercur . . . . . . | | | 87 | Tage | 23 | Stunden, |
| Venus . . . . . . | | | 224 | „ | 17 | „ |
| Mars . . . . | 1 | Jahr | 321 | „ | 22 | „ |
| Jupiter . . . | 11 | „ | 315 | „ | 14 | „ |
| Saturn . . . | 29 | „ | 161 | „ | 22 | „ |

Die nächsten Durchgänge der Venus durch den aufsteigenden Knoa finden Statt:

am 30. März 1871,
am 10. November 1871.

Mars passirt zunächst den niedersteigenden Knoten:

am 2. Juli 1871,

den aufsteigenden Knoten:

am 1. Mai 1872.

Der letzte Durchgang des Jupiter durch den aufsteigenden ten fand am 29. August 1859 Statt; der nächste wird am 8. Juli stattfinden.

Am 9. November 1857 passirte Saturn den aufsteigenden Kı und am 10. Dezember 1872 wird er durch den niedersteigenden Kı gehen.

Die Knoten einer Planetenbahn fallen nicht immer auf die Stelle der Ekliptik, wohl aber liegt die Stelle, in welcher die Plan bahn die Sonnenbahn schneidet, nicht sehr weit von demjenigen Pu in welchem die vorige gleichgerichtete Durchschneidung stattfand. siderische Umlaufszeit giebt uns also wenigstens annäherungsweise die Zeit, welche der Planet braucht, um scheinbar das ganze Him gewölbe zu umlaufen, und so giebt uns denn die siderische Umlau einen Anhaltspunkt, um zu beurtheilen, wie schnell sich im Allgem die einzelnen Planeten am Himmel fortbewegen. Mercur braucht seinen Umlauf durch den ganzen Thierkreis zu vollenden, ungefähr Monate; er verändert also seine Stellung am Himmel schneller al anderen Planeten. Die Geschwindigkeit der Ortsveränderung unte Sternen nimmt in dem Maasse ab, als die Umlaufszeit des Planeten ser wird. Jupiter schreitet im Laufe eines ganzen Jahres nur um fähr 30° unter den Gestirnen weiter, Saturn nur um 12°.

Um den scheinbaren Lauf der Planeten gehörig zu studiren nichts mehr geeignet als denselben auf Sternkarten in der Art zu folgen, wie es auf Tab. 4, 5 und 6 für einzelne Fälle geschehen ist. ist nun die eine der schon oben besprochenen, bei Wagner in Frei erschienenen Sternkarten, nämlich die Karte der Aequatorealzone de stirnten Himmels besonders geeignet. Es sind solche Karten durch Buchhandel zu beziehen, in welchen die Bahn der Venus fü Jahre 1857, 1858 und 1859, und zwar für jedes Jahr mit anderen ben aufgetragen ist. Auf anderen Exemplaren dieser Karten ist Bahn des Jupiter für 1857 bis 1860, die des Saturn für 185 1861 und die Bahn der Oppositionsperiode des Mars in Jahren 1858 und 1860 aufgezeichnet.

46 **Die scheinbare Bahn des Mars während seiner n sten Oppositionsperiode.** Um die scheinbare Bahn eines Pla am Himmel selbst zu verfolgen, ist keiner geeigneter als der Mars. Mercur kann in dieser Beziehung gar nicht die Rede sein, weil e uns überhaupt kaum sichtbar wird. Venus glänzt zwar herrlic Morgen- oder Abendhimmel, sie legt in kurzer Zeit eine grosse Bah Himmelsgewölbe zurück, allein man kann diese Bahn unter den Fi

:n nicht verfolgen, weil Venus nur in der Dämmerung erscheint, also ı einer Zeit, in welcher kaum Sterne erster Grösse in ihrer Nähe sichtır werden. Jupiter und Saturn erscheinen allerdings am vollen achthimmel, ihre Bewegung unter den Fixsternen ist aber bei weitem cht so rasch und auffallend wie die des Mars.

Die nächste Periode, welche sich zur Verfolgung der scheinbaren ıhn des Mars bietet, ist nun die vom October 1870 bis in den August 371, welche wir jetzt etwas näher besprechen wollen.

Am 12. März 1870 sind Sonne und Mars in Conjunction, an esem Tage gehen also diese beiden Gestirne fast gleichzeitig durch den eridian, Mars kann also nicht gesehen werden.

Sonne und Mars schreiten nun in ihrer scheinbaren Bahn am Himelsgewölbe von West nach Ost voran, weil aber die Sonne in dieser ichtung rascher voranschreitet als Mars, so wird sich Mars mehr und ehr nach Westen hin von der Sonne entfernen, er wird also früher ufgehen als die Sonne und zwar nach einiger Zeit um 1, um 2, um s. w. Stunden, der Mars wird also wieder sichtbar, wenn er ch vor anbrechender Morgendämmerung am östlichen Himmel aufgeht, wird also zuerst in den Morgenstunden wieder sichtbar. Es findet s zunächst wieder Statt im Mai 1870.

Der Aufgang des Mars findet im Jahre 1870 Statt:

| | | | |
|---|---|---|---|
| am | 6. Mai | um | 4 Uhr Morgens, |
| „ | 31. „ | „ | 3 „ „ |
| „ | 30. Juni | „ | 2 „ „ |
| „ | 26. August | „ | 1 „ „ |
| „ | 30. November | | um Mitternacht, |

ı Jahre 1871 findet der sichtbare Aufgang des Mars Statt:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| am | 1. Januar | um | $11^h$ | $11^m$ | Abends, |
| „ | 15. „ | „ | 10 | 37 | „ |
| „ | 1. Februar | „ | 9 | 47 | „ |
| „ | 15. „ | „ | 8 | 50 | „ |
| „ | 1. März | „ | 7 | 41 | „ |
| „ | 15. „ | „ | 6 | 19 | „ |

Von da an findet der Aufgang des Mars schon bei Tage Statt. Der eg, welchen Mars vom 24. October 1870 an am gestirnten Himmel durchıft, ist auf Tab. 6 dargestellt. Am 24. October 1870 erblickt n ihn etwas nördlich von Regulus, nach Osten hin fortschreitend tfernt er sich aber rasch von diesem Hauptstern des grossen Löwen, s man aus der Figur ersieht, in welcher die Positionen des Mars für 12. November, den 2. und den 28. December markirt sind. Ohngähr in der Mitte des December 1870 geht Mars etwas nördlich vom rn β virginis vorbei; am 4. Januar 1871 geht er nördlich über virginis weg und nun wird seine rechtläufige Bewegung nach und

nach langsamer, um am 9. Februar 1871 in der Nähe des Sternes γ [vir]ginis die Gränze seiner rechtläufigen Bewegung zu erreichen und rückläufig zu werden.

Zunächst ist die rückläufige Bewegung des Mars eine langsame bald aber wird sie rascher, um am 21. März das Maximum ihrer [Ge]schwindigkeit zu erlangen.

Jetzt ist Mars in Opposition mit der Sonne, er culn um Mitternacht.

In seiner rückläufigen Bewegung geht er nun wieder nördlich β virginis vorbei und erreicht die Gränze seiner rückläufigen Bew am 2. Mai, an welchem Tage Mars wieder sehr nahe an derselben steht, welche er am 4. December 1870 einnahm.

Von nun an bewegt sich Mars wieder rechtläufig, bis er in den [Strah]len der Sonne verschwindet. Ende Mai geht er dicht über β vi vorüber, läuft dann südlich von η und γ virginis vorbei, um gegen Juli die Spica, den Hauptstern des Sternbildes der Jungfrau zu erre

Zu Anfang Juni 1871 culminirt Mars um 8 Uhr Abends und um 1 Uhr Nachts unter, er ist nun für den Rest seiner Sichtbark Jahre 1871 in den Abendstunden am westlichen Himmel sichtbar; Culmination und sein Untergang rücken aber immer mehr zurück. 26. Juli geht er um Mitternacht, am 25. Juli geht er schon um 10 unter, zur Zeit also, in welcher Mars in die Nähe der Spica k ist er nur noch kurze Zeit nach einbrechender Dunkelheit sichtba gegen Ende August ganz in den Strahlen der Sonne zu verschwin

So wird also Mars vom Anfang Mai 1870 bis zur Mitte 1871 und zwar von Beginn des Jahres 1871 in den Abendstunden bar sein, man kann also bei sternhellem Himmel während dieser Zeit seine Stellung beobachten und mit der auf Tab. 6 verzeichnete gleichen.

Die darauf folgende Sichtbarkeitsperiode des Mars fällt in da 1873 und zwar kommt

[illegible] 17. Januar 1873.
[illegible] stationär und wird rückläufig am 21. März 1873.
[illegible] am 27. April 1873.
[illegible] wird stationär und rechtläufig am 7. Juni 1873.
[illegible] am 11. August 1873.

Der Weg, welchen Mars im Jahre 1873 in rückläufiger Ri durchläuft, liegt zwischen den Punkten

[illegible] 14' 35"

(ein Punkt der [illegible] etwas östlich von der V [illegible] liegt) und

[illegible] 11' 25"

(ein Punkt der [illegible] zwischen α und λ virginis [illegible] Mitte zwischen diesen beiden Sternen liegt) der

heil des rückläufigen Weges fällt also in das Sternbild der Wage, der tzte kleinere in das Sternbild der Jungfrau.

Venus erscheint zunächst wieder als Abendstern im Sommer und s Morgenstern in den letzten Monaten des Jahres 1871.

Die nächste Opposition des Jupiter findet in den letzten Tagen s Jahres 1870, die nächste Schleifenbildung des Jupiter findet also Winter $18^{70}/_{71}$ Statt und zwar im Sternbild der Zwillinge, wähnd Saturn, welcher um jene Zeit im Sternbild des Schützen stehen ird, zunächst am 28. Juni 1871 mit der Sonne in Opposition kommt.

Auf den Verlauf der nächsten Sichtbarkeitsperioden werden wir bei sprechung der einzelnen Planeten noch einmal zurückkommen.

**Veränderlichkeit im Glanz und der Grösse der Planeten.** 47 Die Helligkeit der Planeten ist sehr veränderlich; am geringsten ist e stets zur Zeit der Conjunction, und bei den unteren Planeten zur Zeit er oberen Conjunction. Je mehr sich nun der Planet scheinbar von der nne entfernt, desto grösser wird sein Glanz, welcher bei den oberen laneten sein Maximum zur Zeit der Opposition erreicht.

Wenn die Venus nach der oberen Conjunction sich ostwärts von der nne entfernt, so nimmt ihr Glanz fortwährend zu, bis sie ihre grösste longation passirt und sich der Sonne wieder bis auf 40° genähert hat. dieser Stellung ist ihr Glanz ein Maximum; darauf nimmt er ab bis r unteren Conjunction, und wächst dann wieder, bis die Venus sich n 40° auf der Westseite von der Sonne entfernt hat, wo dann der lanz abermals ein Maximum wird.

Aehnlich sind die Variationen im Glanze des Mercur, welcher aber erhaupt schwer sichtbar ist, weil er immer sehr nahe bei der Sonne eibt.

Diese Veränderungen des Glanzes hängen mit den Variationen der heinbaren Durchmesser der Planeten zusammen. Der Winkel, unter elchem die verschiedenen Planeten erscheinen, ist folgender:

| | Zur Zeit der | |
|---|---|---|
| | oberen Conjunct. | unteren Conjunct. |
| Mercur | 4″ | 12″ |
| Venus | 9,3 | 64 |
| | Conjunction | Opposition |
| Mars | 4″ | 27″ |
| Jupiter | 30 | 49 |
| Saturn | 15 | 21 |

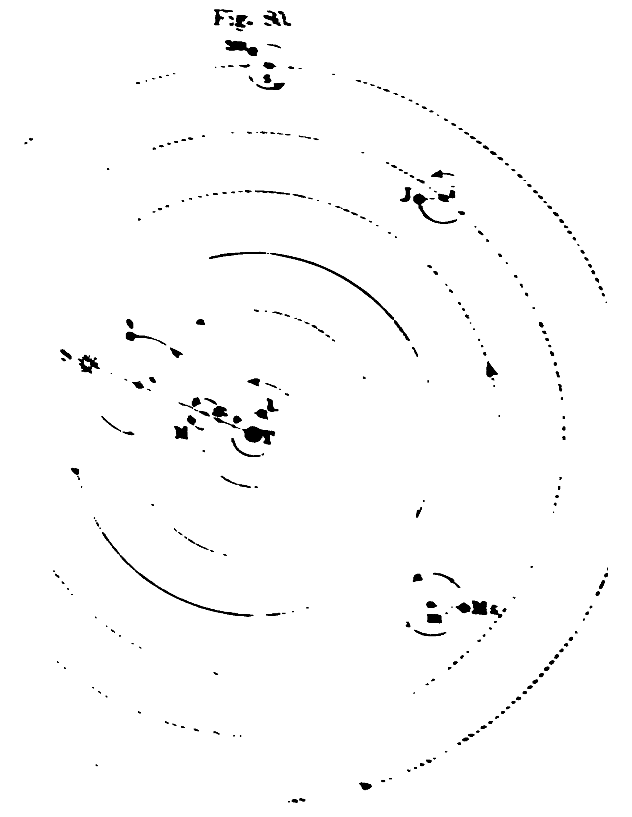
Die oberen Planeten erscheinen, durch hinlänglich vergrössernde rnrohre gesehen, stets als runde Scheiben; anders verhält es sich mit n beiden unteren Planeten, welche Phasen zeigen, die denen unseres ondes ähnlich sind. In der Nähe der oberen Conjunction erscheint die nus als volle Scheibe, zur Zeit der grössten Elongation ist sie ungehr halb voll, und je mehr sie sich der unteren Conjunction nähert,

desto mehr wird sie sichelförmig, während zugleich ihr Durchmesser wächst, wie dies Fig. 2 auf Tab. 3 zeigt.

Mit blossem Auge sind die Phasen der Venus nicht sichtbar; sie wurden von Galiläi mit dem von ihm construirten Fernrohre entdeckt. Wir werden später diesen Punkt noch ausführlicher besprechen.

48 **Das Ptolemäische Planetensystem.** Einer der Ersten, welche es versuchten, die scheinbaren Bahnen der Planeten zu erklären, war Ptolemäus, welcher in der Mitte des zweiten Jahrhunderts unserer Zeitrechnung zu Alexandrien lebte. Er stellte die Erde in die Mitte des Weltalls und um sie sollten dann der Mond, die Sonne und die fünf damals bekannten Planeten kreisen, und zwar ordnete er sie nach ihrer mittleren scheinbaren Geschwindigkeit so, dass diejenigen, welche schneller ihren Ort unter den Fixsternen ändern, die der Erde näher sein sollten; von der Erde ausgehend, folgten sich demnach die Planeten sammt Mond und Sonne in folgender Ordnung: Mond, Mercur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter und Saturn. Fig. 80 stellt die Grundidee des Ptolemäischen Systems dar.

Fig. 80.



Die Alten unterschieden zweierlei **Ungleichheiten** im Laufe der laneten.

Die **erste Ungleichheit** besteht darin, dass die Planeten sich kei-swegs mit gleichförmiger Geschwindigkeit fortbewegen, dass sie bald neller, bald langsamer in ihrer Bahn voranschreiten, wie wir dies auch hon bei der Sonne gesehen haben.

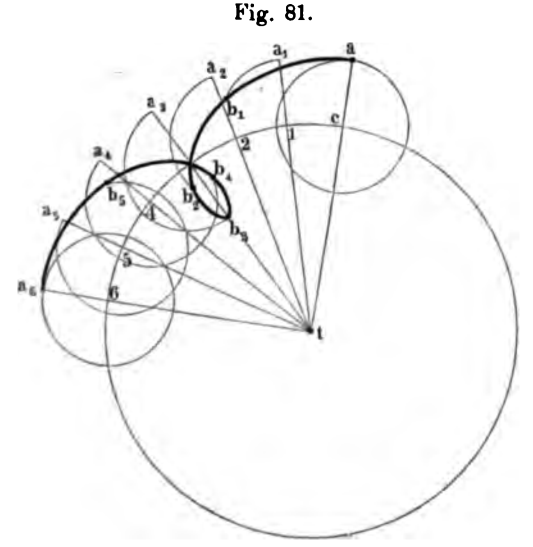
Diese erste Ungleichheit suchte man, wie bei der Sonne, durch die nahme des **excentrischen Kreises** zu erklären.

Die **zweite Ungleichheit** kommt weder beim Monde noch bei r Sonne, sondern nur bei den Planeten vor; sie besteht darin, dass e rechtläufige Bewegung in gewissen Zeiten aufhört und in eine **rück-ufige, retrograde,** sich verwandelt, wodurch dann die erwähnten leifen und Schlingen entstehen.

Diese zweite Ungleichheit suchte **Ptolemäus** durch die Theorie r **Epicyklen** zu erklären, indem er annahm, **dass die Planeten ht unmittelbar in Kreisen um die Erde laufen,** wie Mond Sonne, sondern **dass sie sich mit gleichförmiger Geschwindig-it in Kreisen bewegen, deren Mittelpunkte selbst wieder en Kreis um einen festen oder auch selbst wieder beweg-hen Mittelpunkt beschreiben.**

Diese in der That ganz sinnreiche Theorie erklärt der Art nach alle sonderbaren Unregelmässigkeiten, welche wir bereits kennen lernten. Fig. 81 soll das Wesen dieser epicyklischen Bewegung anschaulich chen. Der Körper $a$ bewege sich in einem Kreise, dessen Radius $ca$ und dessen Mittelpunkt $c$ selbst wieder einen Kreis um den Punkt $t$

Fig. 81.



beschreibt, und zwar möge der Körper $a$ einen Umlauf $c$ vollende, während dieser Mittelpunkt selbst von $c$ bis 6 fortschreitet. Es ergi sich dann leicht aus dem Anblick der Figur, dass $a$ der Reihe nach d Punkte $b_1$, $b_2$, $b_3$ u. s. w. passirt, dass also $a$ $b_1$ $b_2$ $b_3$ $b_4$ $b_5$ $a_6$ d Weg im Raume ist, den der Körper $a$ in Folge seiner epicyklischen B wegung zurücklegt.

Eine solche Curve $a$ $b_1$ $b_2$ $b_3$ u. s. w. wird eine Epicykloi genannt.

Der Kreis, in welchem sich $a$ in Beziehung auf den selbst fortschr tenden Mittelpunkt $c$ bewegt, wird der Epicykel genannt; der Kr aber, welchen der Mittelpunkt $c$ des Epicykels beschreibt, wird der d ferirende Kreis oder der Deferent genannt.

Man sieht wohl ein, dass sich auf diese Weise nicht allein der St stand und die rückläufige Bewegung der Planeten im Allgemeinen s dern auch die eigenthümliche Gestalt der scheinbaren Planetenbahn recht gut erklären lassen, wenn man bedenkt dass man die Epicykl von einem Standpunkte aus betrachtet, welche etwas über oder unter Ebene dieser Curve liegt. Was die Gestalt der Epicykloiden betrifft, hängt dieselbe einerseits von dem Verhältniss der Radien $ca$ und des Epicykels und des Deferenten, und dann wieder von dem Verhäl niss der Geschwindigkeiten ab, mit welchen die Planeten den Epicy und der Mittelpunkt des Epicykels, den Deferenten, durchlaufen.

In Fig. 82 sind die epicyklischen Kreise der verschiedenen P neten durch ausgezogene, die Deferenten dagegen durch punkti Kreise angedeutet. Es sind $m$, $v$, $m'$, $i$ und $s'$ die Mittelpunkte der e cyklischen Kreise, in welchen die Planeten Mercur $M$, Venus $V$, M $Ms'$, Jupiter $J$ und Saturn $S$ laufen, während diese Mittelpunkte sel mit gleichförmiger Geschwindigkeit in den entsprechenden punktir Kreisen fortschreiten.

Um zu erklären, dass die unteren Planeten Mercur und Ven sich nicht über eine gewisse Winkelgrösse von der Sonne entfernen, m man annehmen, dass die Mittelpunkte $m$ und $v$ der Deferenten des M cur und der Venus stets auf der geraden Linie $ST$ bleiben, welche m von der Sonne zur Erde gezogen denken kann, dass also der Mittelp des Epicykels der beiden unteren Planeten seinen Umlauf in glei Zeit vollendet, wie die Sonne.

Da die Gestalt der Epicykloide, welche ein Planet beschreibt, ni von der absoluten Grösse des Deferenten und des Epicykels, sondern von dem Verhältniss der Radien dieser beiden Kreise abhängt, man also um die scheinbare Bahn eines Planeten nach dem Ptolem schen System zu erklären, nur das richtige Verhältniss zwischen d Radien der beiden Kreise und den Umlaufszeiten ermitteln muss, wä rend man den Halbmesser des Deferenten vollkommen willkürlich wä kann, so ist es am einfachsten für den Deferenten der Venus und d Mercur geradezu die Sonnenbahn zu nehmen, so also, dass Venus un

ar um die Sonne kreisen, während diese um die Erde herumläuft. liese Weise erleidet das Ptolemäische System für die beiden un- Planeten die durch Fig. 83 erläuterte Modification.

Fig. 82.



Fig. 83.



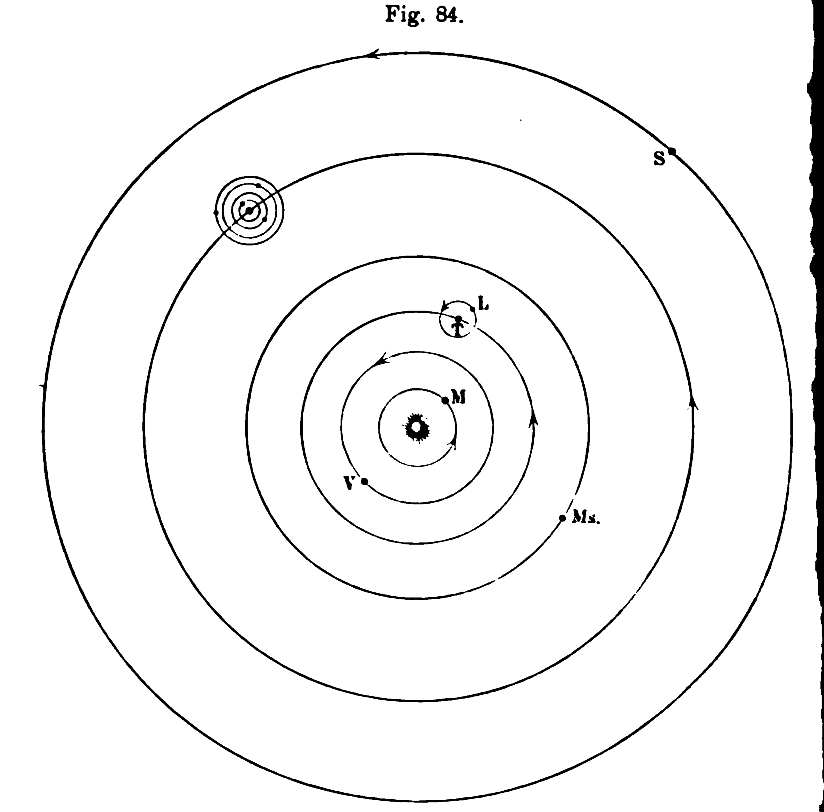
Bei dem unter dem Namen des Tychonischen bekannten Planetensystem kreisen alle Planeten um die Sonne, welche selbst wieder in einem Kreise um die feststehende Erde herumläuft. Wir können eine eingehendere Besprechung dieses Systems um so mehr unterlassen, als es höchst zweifelhaft ist, ob dasselbe wirklich von Tycho de Brahe herrührt.

**Das Copernicanische Planetensy-** 49
**n.** Copernicus kehrte das Ptolemäische Planetensystem geradezu indem er die Sonne als den Mittelpunkt des Weltalls annahm und die : in die Reihe der sie umkreisenden Planeten setzte. Um die Sonne chst kreisen, nach seiner Annahme, der Mercur und die Venus,

dann folgt die Erde, welche wieder vom Monde umkreist wird, ferner Mars, Jupiter und Saturn. Fig. 84 erläutert das Copernicanische System.

Um die theilweise rückläufige Bewegung der Planeten am Fixsternhimmel zu erklären, war die Einführung der Epicyklen in die geocen-

Fig. 84.




trische Theorie des Ptolemäus durchaus nothwendig. Dadurch war aber die Einheit und Harmonie des Weltgebäudes verloren gegangen. Die Epicykelntheorie erschien dem Copernicus wie eine Verunstaltung der anschaulichen und ästhetischen Form des Weltalls.

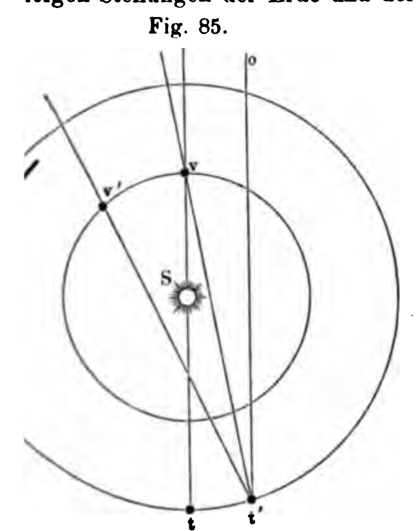
Indem Copernicus die Sonne in die Mitte des Planetensystems setzte, gelang es ihm, die zweite Ungleichheit der Planetenbewegung, die zeitweise retrograde Bewegung und die daraus sich ergebende Bildung von Schleifen in den Planetenbahnen ohne Epicykeln zu erklären, indem er diese Erscheinungen lediglich auf die Bewegung der Erde zurückführte, und so den Erscheinungen Genüge leistete, ohne die Einfachheit des Weltsystemes aufzuopfern.

Er selbst sagt in dieser Beziehung: „Durch keine andere Anordnung habe ich eine so bewunderungswürdige Symmetrie des Universums,

harmonische Verbindung der Bahnen finden können, als da ich eltleuchte, die Sonne, die ganze Familie kreisender Gestirne d, in die Mitte des schönen Naturtempels wie auf einen königThron gesetzt."

**klärung der Rückläufigkeit nach dem Copernicani- System.** 50 Es wurde bereits oben S. 122 angeführt, dass die ıre Bewegung der Planeten die grösste rechtläufige Geschwinhat, wenn der Planet gerade durch die Sonne verdeckt wird, also oberen Planeten zur Zeit der Conjunction, für die unteren zur Zeit ren Conjunction. Dies ergiebt sich nun als nothwendige Folge aus pernicanischen System. In Fig. 85 sei $S$ die Sonne, $t$ und $v$ die itigen Stellungen der Erde und der Venus zur Zeit der erwähnten Conjunction. Wenn nun der Planet stehen bliebe und die Erde sich von $t$ nach $t'$ bewegte, so würde sich der Planet scheinbar um den Winkel $ot'v$ nach Osten bewegt haben ($t'o$ parallel mit $tv$). Nun aber bewegt sich der Planet selbst noch von $v$ nach $v'$ und dadurch wird die von der Erde nach dem Planeten gerichtete Visirlinie noch um den ganzen Winkel $vt'v'$ mehr nach Osten gedreht erscheinen; es summirt sich also hier die wahre Bewegung des Planeten zu der scheinbaren, welche durch das Fortder Erde in ihrer Bahn bewirkt wird.

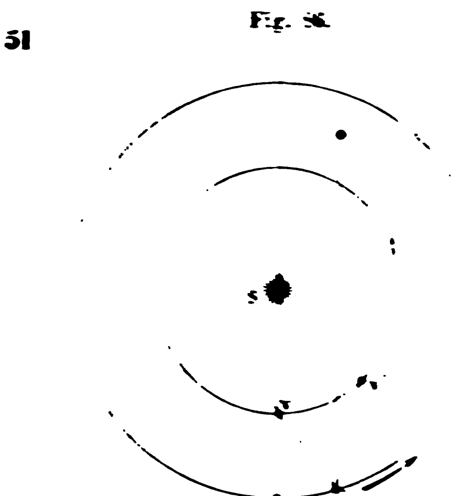
Fig. 85.




findet sich aber einer der unteren Planeten gerade zwischen der ıd der Sonne, wie Fig. 86 (a. f. S.) zeigt, so würde sich der Pla-ːinbar um den Winkel $ot'v$ nach Osten bewegen, wenn nur die ›n $t$ nach $t'$ fortschritte und der Planet in $v$ stehen bliebe. Daıber, dass der Planet von $v$ nach $v'$ sich bewegt, wird die von le nach dem Planeten gerichtete Visirlinie wieder um den Win-$v'$ nach Westen gedreht. Da nun die Planeten, welche der Sonne iegen, schneller in ihrer Bahn fortschreiten als die entfernteren, $v'$ grösser als $tt'$, also der Winkel $vt'v'$ grösser als $ot'v$, folglich ch der Planet am Himmel scheinbar nach Westen fortbewegen, l die Erde von $t$ nach $t'$ und der Planet von $v$ nach $v'$ fortschrei-r Zeit der unteren Conjunction ist also die Bewegung der Venus ı Mercur eine rückläufige.

Auf ähnliche Weise lässt sich zeigen, dass für die oberen Planet
die scheinbare Bewegung zur Zeit der Opposition rückläufig ist.

Fig. 56.




51

**Construction d scheinbaren Planet bahnen nach dem ( pernicanischen Syste**

Unsere nächste Aufgabe steht nun darin, zu zei dass der scheinbare Lauf Planeten am Himmelsgew sich vollständig aus dem pernicanischen System n allein im Allgemeinen erl ren, sondern auch in spec len Fällen übereinstimm mit der Erfahrung able lässt.

Betrachten wir zunä den Lauf der Venus v 3. Juli 1847 bis zum 2. cember desselben Jahres, welcher auf Tab. 4 dargestellt ist.

Die Venus ändert im Laufe dieser Zeit ihre Stellung nicht allein Beziehung auf ihre Länge, sondern auch in Beziehung auf ihre Bre d. h. sie bewegt sich nicht allein in der Ebene der Ekliptik bald rec bald rückläufig, sondern sie ändert auch ihre nördliche oder südli Entfernung von der Ekliptik. Unsere Aufgabe zerfällt also in z Theile; es ist nämlich nachzuweisen, wie

1) die Veränderungen in der Länge, und

2) wie die Veränderungen in der Breite zu erklären sind.

Gehen wir zum ersten Theil der Aufgabe über.

Tab. VII. stellt nach dem Copernicanischen System die Bah der Venus und der Erde und zwar in dem richtigen Verhältniss il Halbmesser dar. $V$, $V_1$, $V_2$, $V_3$, $V_4$ und $V_5$ sind die Orte, an weld sich die Venus nach dem genannten Systeme wirklich am 3. Juli, 4. August, am 5. September, am 7. October, am 8. November und 2. December befand. An denselben Tagen aber befand sich die Erd den Punkten $T$, $T_1$, $T_2$, $T_3$, $T_4$ und $T_5$. Am 3. Juli sah man also Venus in der Richtung $TV$, am 4. August sah man sie in der Richt $T_1 V_1$ u. s. w.

Es ist nun zu untersuchen, wo diese Visirlinien auf den Thierk treffen. Der Durchmesser der Erdbahn ist verschwindend klein im V gleich zu der Entfernung der Fixsterne; sollte also in unserer Figur Verlängerung der Linie $TV$ die richtige Stelle des Thierkreises tre so müsste dieser mit einem so enormen Halbmesser gezogen werden,

ein Papier ihn aufnehmen könnte; zieht man aber den Thierkreis mit nem kleineren Halbmesser, so braucht man nur parallel mit *T V* eine nie durch den Mittelpunkt der Figur zu ziehen, um zu finden, auf elcher Stelle des Thierkreises am 3. Juli die Venus projicirt erschien. ese durch den Mittelpunkt der Figur gezogene Richtungslinie trifft f einen Punkt des Thierkreises, welcher ungefähr 32° westlich vom rbstpunkte (♎ in Fig. 1, Tab. 3 der Punkt, in welchem sich Ekliptik d Aequator schneiden) liegt. Am 3. Juli 1847 war also die Länge r Venus 180° — 32 = 148°.

Auf gleiche Weise ergiebt sich die Länge der Venus:

| | | |
|---|---|---|
| am | 4. August . . . . | 177° |
| „ | 5. September . . . | 196° |
| „ | 7. October . . . . | 187° |
| „ | 8. November . . . | 185° |
| „ | 2. December . . . | 203°. |

Es ergiebt sich also aus dieser Construction in der That, wie die nus vom 3. Juli bis zum 5. September rechtläufig war, wie sie dann ld rückläufig wurde, um nach einiger Zeit wieder in die rechtläufige wegung überzugehen.

Hätte man dieselbe Construction für jeden Tag des angegebenen itraums gemacht, so hätte man gefunden, dass die Dauer der retrogra- n Bewegung sich ungefähr vom 10. September bis zum 23. October treckt.

Da die scheinbaren Planetenbahnen nicht genau in die Ekliptik fal- l, sondern zum Theil auf der Nordseite, zum Theil auf der Südseite selben liegen, so müssen die Ebenen der wahren Planetenbahnen einen inkel mit der Ebene der Erdbahn machen. Die Neigung der Ve- sbahn gegen die Erdbahn beträgt 3°.

Ein Theil der wahren Venusbahn liegt also nördlich, der übrige eil derselben liegt südlich von der Ebene der Erdbahn. Die Ebene r Tab. VII. stellt die Ebene der Erdbahn dar. Die nördliche Hälfte der nusbahn, welche oberhalb dieser Ebene liegt, ist ausgezogen, während e südlich von der Ebene der Ekliptik liegende Hälfte der Venusbahn nktirt ist.

Der Winkel, welchen die Ebene der Venusbahn mit der Ebene der dbahn macht, beträgt, wie schon erwähnt worden ist, 3°. Die beiden enen schneiden sich in einer Linie *A B*, Tab. VII., welche den Namen r Knotenlinie führt. Die Venus passirt während eines ganzen Um- ufs um die Sonne zweimal die Ebene der Erdbahn, einmal in dem nkte *a*, welcher der niedersteigende Knoten genannt und durch bezeichnet wird, um von der Nordseite der Ekliptik auf die Südseite selben überzugehen, dann aber wieder im Punkte *b*, dem aufstei- nden Knoten (☊), welchen sie passirt, wenn die südliche Breite der nus in eine nördliche übergeht.

Am 3. Juli 1847 befand sich der Tab. VII. zufolge die Venu nördlich von der Ekliptik, übereinstimmend mit dem scheinbaren Tab. 4; sie näherte sich aber dem niedersteigenden Knoten, welc ungefähr am 23. Juli passirte. Von nun an blieb die der Venus eine südliche, bis sie am 11. November den aufsteigenden Knoten passirte; der ganze sch Weg, welchen die Venus vom 23. Juli bis zum 11. ber durchläuft, muss also auf die Südseite der Eklip len, wie auch Tab. 4 zeigt.

Suchen wir nun aber durch Construction die der Venus für eine angegebene Zeit zu ermitteln.

Eine rechtwinklig auf der Knotenlinie $AB$, Ta stehende Ebene schneidet die Ebene der Venusbahn Linie $CD$. In Fig. 87 sei die Ebene des Papiers der Knotenlinie $AB$ rechtwinklig stehende Eben der Durchschnitt derselben mit der Ebene der Ven $MN$ ihr Durchschnitt mit der Ebene der Erdba schneiden sich diese beiden Linien unter einem Win 3°. Soll nun für einen bestimmten Tag, etwa fü September 1847, die Breite der Venus bestimmt so fällt man von ihrem wahren Ort $V_2$, Tab. V Perpendikel $V_2 v_2$ auf $CD$ und überträgt alsdann di $Sv_2$ auf die Linie $CD$ in Fig. 87; die Entfernung de tes $v_2$ von der Linie $MN$ giebt alsdann die wahre nung der Venus von der Ebene der Ekliptik für je an. Um aber zu erfahren, wie viel Grade uns, von aus gesehen, die Venus von der Ekliptik entfernt e hat man auf $MN$ einen Punkt $t_2$ zu bestimmen, von $v_2$ so weit absteht wie $T_2$ auf Tab. VII. von man endlich die Linie $t_2 v_2$, so ist der Winkel, diese Linie mit der Linie $MN$ macht, gleich dem um welchen die Venus zur angegebenen Zeit süd der Ekliptik erscheint. Dieser Winkel ist unserer tion zufolge ungefähr 6°.

Für den 3. September 1847 ergiebt sich also ser Construction die Länge der Venus 196° (16 vom Herbstpunkte 0 ≐ ), die südliche Breite aber

Durch eine ähnliche Construction ergiebt sic 3. Juli die nördliche Breite der Venus gleich 1 während gleichzeitig ihre Länge 148° (32° wes Herbstpunkte) ist.

Bestimmt man auf ähnliche Weise durch Co die scheinbaren Oerter der Venus von 8 zu 8 T 3. Juli bis zum 2. December 1847, so ergiebt si

ıst der scheinbare Lauf der Venus im angegebenen Zeitraum so, wie er b. 4 verzeichnet ist.

Wir haben für einen speciellen Fall nach dem Copernicanischen stem ein Stück der scheinbaren Bahn eines Planeten durch Construcn abgeleitet. Soll eine solche Construction genaue Resultate liefern, muss die Zeichnung in grösserem Maassstabe mit äusserster Sorgfalt geführt werden, wie dies in dem sehr empfehlenswerthen Werkchen: er Planetenlauf, eine graphische Darstellung der Bahnen der Plaen u. s. w. von Dr. Nell, Braunschweig 1858" geschehen ist.

Die beiden ersten Tafeln dieses Werkchens sind als Tab. VIIIa. und ). IXa. in den Atlas unserer kosmischen Physik übergegangen.

Tab. VIII a. enthält die Bahnen der Erde und der beiden unteren neten, eingetheilt nach täglicher Bewegung; man kann also auf dieser el ersehen:

1. an welcher Stelle ihrer Bahn die Erde an jedem Tage des Jah-Mittags um 12 Uhr steht;

2. an welchen Stellen ihrer Bahn die Venus an den einzelnen Tagen Jahre 1856 bis 1879 steht. Der Zwischenraum zwischen je zwei ilstrichen der Venusbahn ist der Weg, welchen dieser Planet an einem ge zurücklegt.

Bei dem ersten der längeren Theilstriche z. B., welche auf der lin-ı Seite der Venusbahn unter der durch die Sonne gezogenen Horizon-inie liegt, stehen die Zahlen 61, 69, 77 und dann 1. August; d. h. an er Stelle steht die Venus am 1. August 1861, am 1. August 1869 l am 1. August 1877; bei dem nach unten folgenden Theilstriche ht sie also am 2. August der genannten Jahre und dem nächsten geren Theilstriche steht sie in den genannten Jahren am 4. August. diesem letzten Theilstriche steht sie aber auch am 1. September und 20. Januar 1856, 1864 und 1872;

3. an welcher Stelle seiner Bahn der Mercur an jedem Tage der re 1856 bis 1865 steht. Nach den für die Venusbahn gegebenen äuterungen ist wohl die Eintheilung der Mercursbahn mit den beigeriebenen Jahreszahlen u. s. w. ohne Weiteres verständlich.

Auf Tab. IXa. sind auf der Erdbahn die Stellen angegeben, in lchen sich die Erde am 1., 11. und 21. eines jeden Monats befindet; dieselben Monatstage findet man auf dieser Tafel die Stellung des rs von 1856 bis 1870 angegeben.

Die Eintheilung der Marsbahn bedarf noch einiger Erläuterung. längeren Theilstriche, bei welchen eine Jahreszahl steht, bezeichnen Stelle, an welcher sich Mars am 1. Januar der genannten Jahre bedet; der Raum zwischen je zwei auf einander folgenden längeren Theilichen aber ist der Weg, welchen der Mars im Laufe eines Monats zuckle gt, wonach die Ortsbestimmung des Mars während der genannten riode wohl keine Schwierigkeit haben wird.

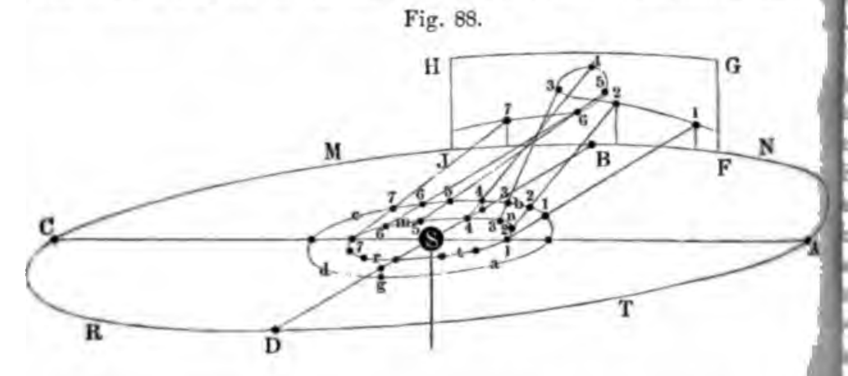
Die an den Bahnen des **Jupiter, Saturn** und **Uranus** angebrachten Theilstriche bezeichnen die Stelle, an welcher sich die genannten Planeten am 1. jedes Monats in den beigeschriebenen Jahren befinden.

Nach den oben mitgetheilten Principien unterliegt es nun keiner Schwierigkeit, aus dem auf Tab. VIII a. und Tab. IX a. dargestellten **wahren** Lauf der Planeten den **scheinbaren** Lauf abzuleiten. Eine eingehende Besprechung dieses Gegenstandes findet der Leser in dem bereits erwähnten Werkchen des Dr. Nell.

Es versteht sich von selbst, dass man den scheinbaren Lauf der Planeten, von denselben Principien ausgehend, auch durch **Rechnung** ermitteln kann, und zwar werden die Resultate der Rechnung ungleich genauer sein, als die durch Zeichnung erhaltenen.

**52** **Modell zur Erklärung des Planetenlaufs.** Um beim Unterrichte recht anschaulich zu machen, wie die scheinbare Bahn der Planeten das Resultat einer gleichzeitigen Bewegung des Planeten und der Erde im Sinne des Copernicanischen Systems ist, bediene ich mich mit Erfolg eines aus starkem Draht und Bleikugeln verfertigten Modelles, welches Fig. 88 in $^1/_{10}$ der natürlichen Grösse schematisch darstellt.

Fig. 88.




Auf einem Eisenstab ist eine Metallkugel $S$ befestigt, welche die Sonne repräsentirt. In $S$ stecken rechtwinklig zu einander vier horizontale Eisenstäbchen $SA$, $SB$, $SC$ und $SD$, welche aussen durch einen Messingring $NMRT$ verbunden sind, welcher den Durchschnitt der Ebene der Erdbahn mit dem Himmelsgewölbe, also die Ekliptik darstellt. Concentrisch mit diesem äusseren Ring ist ein kleinerer in derselben Ebene befindlicher Ring $nmrt$ von Messingdraht gelegt, welcher die Erdbahn darstellt. Auf dieser Erdbahn sind in gleichen Zwischenräumen 12 Bleikugeln angebracht, welche die Stellen bezeichnen, an welchen sich die Erde in 12 verschiedenen stets um 30 Tage aus einander liegenden Zeitpunkten befindet. — Die 7 ersten dieser Stellungen sind mit den Zahlen 1, 2, 3 u. s. w. bis 7 bezeichnet.

Um $S$ ist aber noch ein dritter Messingring $abcdg$ gelegt, welcher e Bahn eines oberen Planeten, etwa des Mars, repräsentirt. Die Ebene eser Bahn fällt nicht mit der Ebene der Erdbahn zusammen, denn der inkt $g$ derselben liegt unter $SD$, während der mit 4 bezeichnete inkt dieser Bahn eben so hoch über $SB$ liegt. Auf diesen Ring sind in gleichfalls 7 Bleikugeln befestigt, welche in unserer Figur auch mit 2, 3 u. s. w. bezeichnet sind, und welche die Orte angeben, in welchen h der Planet in denselben Zeitpunkten befindet, in denen die Erde e mit gleichen Ziffern bezeichneten Orte der Erdbahn einnimmt.

Der Uebersicht wegen ist es zweckmässig, in dem ausgeführten Moll die entsprechenden Kugeln mit gleichen Farben anzustreichen, also wa weiss die beiden mit 1 bezeichneten Kugeln, roth die beiden mit 2 zeichneten u. s. w.; die folgenden Kugelpaare grün, gelb, blau, violett id schwarz.

Die Abstände zweier auf einander folgenden Kugeln, also 1 bis 2, bis 3 u. s. w. müssen natürlich auf der Bahn $abcd$ kleiner sein als if der Erdbahn, weil ja jeder fernere Planet langsamer in seiner Bahn ch fortbewegt als die der Sonne näheren. In unserem Modell verhaln sich die Abstände zweier auf einander folgenden Kugeln auf den bein Ringen $abcd$ und $nmrt$ wie 17 zu 23.

Denken wir uns nun von einem bestimmten Ort der Erde über den eichzeitigen Ort des Mars, also z. B. von 1 der Erdbahn über 1 der arsbahn eine gerade Linie gezogen, so wird diese das Himmelsgewölbe einem bestimmten Punkte treffen, der in unserem Modell mit derseln Ziffer bezeichnet ist, wie die entsprechenden Oerter der Erde und s Mars. In unserem Modell ist, um diese Projectionen des Mars auf s Himmelsgewölbe aufzeichnen zu können, ein Blechstück $FGHJ$ an m äusseren Ringe befestigt, auf dieses sind die Projectionen des Mars fgetragen, und zwar mit gleicher Farbe bezeichnet wie die entspreenden Positionen der Erde und des Mars, und endlich die drei zusamngehörigen Orte, also z. B. 2 auf der Erdbahn, 2 auf der Marsbahn d 2 auf dem Himmelsgewölbe durch ein gerade gestrecktes Drahtstück rbunden, welches die von der Erde über den Mars nach dem Himmelswölbe gerichtete Visirlinie repräsentirt.

Werden die Marsprojectionen 1, 2, 3...7 auf $FGHJ$ durch eine rve verbunden, wie es in unserer Figur geschehen ist, so stellt diese n einen Theil der scheinbaren Marsbahn dar. Um die nöthige Annlichkeit zu erreichen, muss man von den wahren Grössenverhältsen abweichen und namentlich die Neigung der Marsbahn bedeutend rgrössern, wie es auch in dem Fig. 88 dargestellten Modell geschen ist.

**Elemente der Planetenbahnen nach dem Copernicanihen System.** 53 Soll die Bahn eines Planeten und seine Bewegung in rselben vollständig bestimmt sein, so muss man folgende Elemente kennen:

1) den Halbmesser der Bahn (den mittleren Abstand von der Sonne);
2) die siderische oder wahre Umlaufszeit;
3) die Neigung der Bahn;
4) die Länge des aufsteigenden Knotens;
5) die Epoche.

Diese fünf Elemente sind für die sechs älteren Planeten folgende:

| | Mittlerer Abstand von der Sonne. | Siderische Umlaufszeit. | Neigung der Bahn. | Länge des aufsteigenden Knotens. | Epoche. |
|---|---|---|---|---|---|
| Mercur . . | 0,3871 | 87ᵗ 23ʰ 16′ | 7⁰ 0,2′ | 46⁰ 24′ | 241⁰ 54,[illegible] |
| Venus . . | 0,7233 | 224 16 49 | 3 23,5 | 75 12 | 289 40,5 |
| Erde . . . | 1,0000 | 365 6 9 | 0 0 | | 100 32,5 |
| Mars . . . | 1,5237 | 686 23 30 | 1 51,1 | 48 17 | 317 19,[illegible] |
| Jupiter . . | 5,2028 | 4332 14 2 | 1 18,7 | 98 49 | 307 7,[illegible] |
| Saturn . . | 9,5388 | 10759 5 16 | 2 29,5 | 112 17 | 73 23,4 |

Zur Erläuterung dieser Tabelle sind noch einige Bemerkungen beizufügen.

Im Ptolemäischen System kommt es nur auf das Verhältniss des Deferenten zum Epicykel an, das Verhältniss aber, in welchem die Radien der deferirenden Kreise für die verschiedenen Planeten stehen, ist dagegen ganz gleichgültig; das Ptolemäische System bietet deshalb auch keinen Anhaltspunkt zur Bestimmung der absoluten oder relativen Entfernung der Planeten vom Centralkörper des Systemes.

Anders verhält es sich beim Copernicanischen System; hier hängt die Gestaltung der scheinbaren Planetenbahn wesentlich ab von dem Grössenverhältniss, in welchem der Abstand der Planeten von der Sonne zum Halbmesser der Erdbahn steht; die Abstände der Planeten von der Sonne gehören im Copernicanischen System zu den **wesentlichen** Elementen der Bahn.

Eine annähernd genaue Bestimmung dieser Abstände ergiebt sich für die unteren Planeten schon aus einer einzigen, für die oberen Planeten aus der Combination zweier passender Beobachtungen.

In Fig. 89 sei $S$ die Sonne, der ganze ausgezogene Kreis die Bahn der Venus, der punktirte Bogen ein Stück der Erdbahn. Für die Zeit nun, in welcher uns der Winkelabstand der Venus von der Sonne ein Maximum wird, ist eine von der Erde zur Venus gezogene Linie $tv$ eine Tangente der Venusbahn, es steht also $tv$ rechtwinklig auf $vS$ und es ist also $Sv = tS . sin. 46^0$, da der Winkel $Stv$, das Maximum der Elongation zwischen Venus und Sonne, im Mittel 46⁰ beträgt. Wenn wir

n Abstand $St$ der Erde von der Sonne mit 1 bezeichnen, so ist r Abstand $vS$ der Venus von der Erde gleich 0,72.

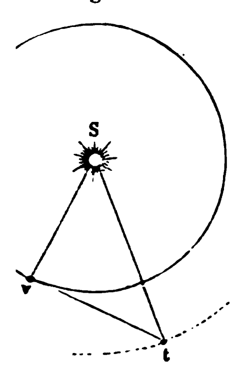
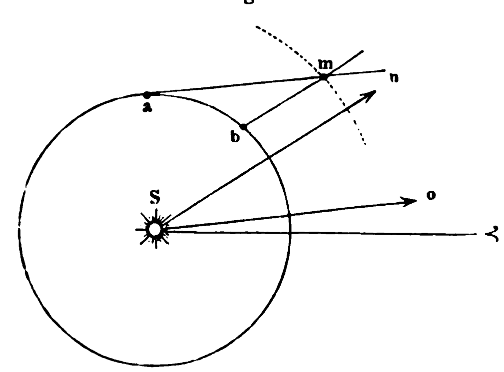


Fig. 89.

In derselben Weise lässt sich auch die Entfernung des Mercur von der Sonne bestimmen.

Eine annähernd genaue Bestimmung des Abstandes der oberen Planeten von der Sonne ergiebt sich aus der Beobachtung zweier auf einander folgender Durchgänge derselben durch den aufsteigenden Knoten. So ging z. B. Mars durch den aufsteigenden Knoten am 1. Januar 1846 und dann wieder am 19. November 1847. Die entsprechenden Durchschnittspunkte der scheinbaren Marsbahn mit der Ekliptik lagen aber 7° und 33° östlich vom Frühlingspunkte; demnach sind $So$ und $Sn$, ), die Richtungen, nach welchen am 1. Januar 1846 und am 19. ›er 1847 Mars von der Erde aus gesehen ward. Wenn nun aber

Fig. 90.




ere ausgezogene Kreis die Erdbahn darstellt, so sind $a$ und $b$ die welche die Erde in den genannten Tagen einnahm. Zieht man rch $a$ eine Linie parallel mit $So$, durch $b$ eine zweite parallel mit werden sich diese Linien in $m$ schneiden. Dieser Punkt $m$ aber ıbar derjenige Punkt der Marsbahn, in welchem sich der fragliche an den genannten Tagen befindet, und $Sm$ ist die Entfernung ırs von der Sonne, wenn $Sa$ der Abstand zwischen Erde und st.

ıss eine solche Bestimmungsweise nicht ganz genau ist, sondern e erste Annäherung liefern kann, versteht sich von selbst, und n so mehr, als der Abstand der Planeten von der Sonne, wie wir

bald sehen werden, selbst innerhalb gewisser Gränzen veränderlich
was daher rührt, dass die Sonne nicht genau im Mittelpunkte der
netenbahnen liegt. Die obige Tabelle giebt den mittleren Abst
der Planeten von der Sonne.

Was unter der Neigung der Bahn zu verstehen ist, wird
dem vorigen Paragraphen klar sein.

Wenn man von der Sonne aus durch den aufsteigenden Knoten
Planetenbahn eine gerade Linie gezogen denkt, wie $AB$, Tab.
welche von dem Mittelpunkte der Sonne über den aufsteigenden
ten $b$ der Venusbahn gezogen ist, so trifft diese Linie die Eklipti
einem bestimmten Punkte $B$. Der Bogen vom Frühlingspunkte bi
diesem Punkte ist die (heliocentrische) Länge des aufsteigen
Knotens. So sehen wir aus Tab. VII., dass die Länge des aufsteige
Knotens der Venus 75° ist.

Die Epoche, welche wir in der letzten Columne der obigen
belle finden, giebt uns die heliocentrische Länge der Planeten
irgend einen bestimmten Zeitpunkt: in obiger Tabelle ist unter
Ueberschrift „Epoche" in der letzten Verticalreihe die heliocentr
Länge der Planeten für den 1. Januar 1855 angegeben.

Auf Tab. VIII. sind die Bahnen der unteren Planeten, der Erde
des Mars, auf Tab. IX. die der Erde und der oberen Planeten darge
und zwar ist auf jeder Bahn die Stelle bezeichnet, welche der Plane
1. Januar 1855 einnahm. Ebenso findet man auf Tab. VIII. und
Tab. IX. die Lage des aufsteigenden Knotens für jeden Planeten be
net. Derjenige Theil der Planetenbahnen, welcher südlich von
Ekliptik liegt, also der Weg vom niedersteigenden Knoten bis zum
steigenden ist punktirt.

Um die erste Ungleichheit der Planetenbewegung zu erkl
musste auch Copernicus die Theorie des excentrischen Kreises in
System aufnehmen, d. h. er musste annehmen, dass, wie wir b
S. 115 in Betreff der Erde gesehen haben, die Sonne mehr oder we
ausserhalb des Mittelpunktes der Planetenbahnen liege.

Nach dem Copernicanischen System ist die siderische Uml
zeit nichts Anderes als die wahre Umlaufszeit des Planeten u
Sonne, d. h. die Zeit, welche er braucht, um einen Winkel von 36(
die Sonne herum zurückzulegen. Von dieser siderischen Umlaufsz
die tropische und die synodische Umlaufszeit zu unterscheiden.

Die tropische Umlaufszeit ist die Zeit, welche zwischen
von der Sonne aus gesehenen Durchgängen des Planeten durch
Frühlingspunkt liegt. Wäre der Frühlingspunkt unveränderlic
wäre die tropische Umlaufszeit der siderischen gleich; wegen des
ganges des Frühlingspunktes aber ist die tropische Umlaufszeit
kürzer.

Die synodische Umlaufszeit ist, wie wir schon oben ge
haben, die Zeit, welche zwischen zwei auf einander folgenden g

igen Conjunctionen des Planeten mit der Sonne vergeht, oder auch Zeit von einer Opposition zur nächsten.

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der siderischen, ischen und synodischen Umlaufszeit der bisher besprochenen Planeten.

| | Umlaufszeit | | |
|---|---|---|---|
| | siderische. | tropische. | synodische. |
| ur . . . . . | 87ᵗ 23ʰ 16′ | 87ᵗ 23ʰ 15′ | 115ᵗ 21ʰ |
| s . . . . . | 224 16 49 | 224 16 41 | 583 22 |
| . . . . . . . | 365 6 9 | 365 5 19 | |
| . . . . . . . | 686 23 30 | 686 22 18 | 780 0 |
| ter . . . . . | 4332 14 2 | 4330 14 10 | 398 22 |
| rn . . . . . | 10759 5 16 | 10746 22 30 | 378 2 |

Oder es ist nahezu für

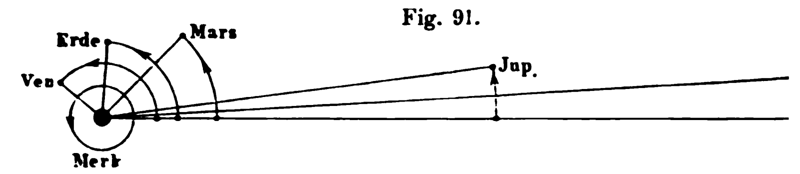
| | die Umlaufszeit | |
|---|---|---|
| | siderische. | synodische. |
| Mercur . . . . . | 0,24 Jahr | 0,31 Jahr |
| Venus . . . . . | 0,61 „ | 1,60 „ |
| Mars . . . . . . | 1,88 „ | 2,13 „ |
| Jupiter . . . . . | 11,87 „ | 1,09 „ |
| Saturn . . . . . | 29,47 „ | 1,03 „ |

Aus den oben angegebenen Werthen für die siderische Umlaufszeit Planeten ergiebt sich, dass die Winkelgeschwindigkeit, mit welcher ich in ihren Bahnen um die Sonne bewegen, um so geringer ist, je r sie von der Sonne abstehen. Während Mercur einen ganzen sichen Umlauf vollendet, hat der Winkel, welchen der Leitstrahl der gen Planeten in der gleichen Zeit zurücklegt, nahezu folgende Werthe:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Mercur | 360° | Mars | 46,1° |
| Venus | 140,8 | Jupiter | 7,3 |
| Erde | 87,8 | Saturn | 2,9 |

Dies Verhältniss wird durch Fig. 91 anschaulich gemacht.

Fig. 91.




Aber nicht allein die Winkelgeschwindigkeit, sondern auch die solute Geschwindigkeit der Planeten in ihren Bahnen ist um so gerin je grösser ihr Abstand von der Sonne ist. Der Weg, welchen im Du schnitt die einzelnen Planeten in ihren Bahnen fortschreitend in 1 cunde zurücklegen, ist für

| | | | |
|---|---|---|---|
| Mercur | 6,7 Meilen | Mars | 3,4 Meilen |
| Venus | 4,9 „ | Jupiter | 1,7 „ |
| Erde | 4,7 „ | Saturn | 1,3 „ |

54 **Die Kepler'schen Gesetze.** Obgleich das Copernicanische stem die Grundlage für alle weiteren Entwickelungen der Astron bildet, so war durch dasselbe für die praktische Astronomie unmi bar doch nicht viel gewonnen, denn die nach demselben vorausberec ten Planetenörter stimmten mit den beobachteten Bahnen kaum gen überein, als die nach den früheren Hypothesen berechneten Oerter. Differenz zwischen Rechnung und Beobachtung ging weit über die Gr der Beobachtungsfehler hinaus.

Kepler war Jahre lang bemüht, die Grundidee des Copernic schen Systems adoptirend, dasselbe so zu modificiren, dass man die I der Planeten mit genügender Genauigkeit danach berechnen kö Blosse Veränderungen in den Elementen der Planetenbahnen füh nicht zum Ziele; die zahlreichen und genauen Beobachtungen des Pl ten Mars, welche Tycho de Brahe hinterlassen hatte, liessen sich diese Weise nicht mit dem Copernicanischen System in Uebereinstimm bringen.

Zunächst liessen sich die Tychonischen Beobachtungen nicht der Annahme in Uebereinstimmung bringen, dass die Planeten mit gl förmiger Geschwindigkeit in ihren Bahnen fortschreiten, und durch sorgfältige und mühsame Combination des vorhandenen Beobachtu materials gelangte endlich Kepler in Beziehung auf die Geschwin keit zu dem Gesetze, welches wir bereits oben S. 115 kennen gel haben und welches den Namen des ersten Kepler'schen Geset führt. Dieses Gesetz gilt für alle anderen Planeten ebenso, wie für Erde.

Das zweite Gesetz, welches Kepler aus den Tychonischen B achtungen ableitete, bezieht sich auf die Gestalt der Planetenbah Auch dieses Gesetz ist bereits oben (S. 115) erwähnt worden. I dem zweiten Kepler'schen Gesetze bewegen sich die Plane

Ellipsen und die Sonne steht in dem einen Brennpunkte erselben.

Die Entfernung der Sonne von dem Mittelpunkte der Ellipse wird, e bereits S. 115 erwähnt wurde, die Excentricität genannt.

Die Gestalt der Ellipse ist bestimmt, wenn man ihre halbe grosse e (die mittlere Entfernung des Planeten von der Sonne) und ihre centricität kennt; um die Lage der Bahn im Raume zu kennen, muss n noch die Neigung der Bahn, die Länge des Periheliums d die Länge des aufsteigenden Knotens kennen. Zum Theil sind se Elemente für die Erde und die mit blossem Auge sichtbaren Planeten schon in der Tabelle auf S. 140 mitgetheilt worden, die übrigen gen hier:

| | Excentricität. | Länge des Periheliums. |
|---|---|---|
| Mercur | 0,206 | 74° 57,5′ |
| Venus | 0,007 | 124 14,4 |
| Erde | 0,017 | 100 11,5 |
| Mars | 0,093 | 333 6,6 |
| Jupiter | 0,048 | 11 45,5 |
| Saturn | 0,056 | 89 54,7 |

Die Excentricität ist hier in Theilen der halben grossen Axe ausckt. Man sieht, dass sie für den Mercur und den Mars am bedeuten ist.

Bezeichnen wir die halbe grosse Axe der Mercursbahn mit 1, so ist Excentricität nach obiger Tabelle 0,206, und daraus folgt dann, dass albe kleine Axe der Mercursbahn 0,978 ist. Bei der Kleinheit des stabes, in welchem die Tab. VIII. ausgeführt ist, kann also die Dif- der grossen und kleinen Axe der Mercursbahn ganz unberücksichbleiben; die Mercursbahn ist deshalb gleich den Bahnen der andePlaneten auf Tab. VIII. und IX., deren Excentricität noch geringer ist, ollständiger Kreis gezogen. Jedoch liegt die Sonne, wie man sieht, t im Mittelpunkte dieser Kreise, sondern sie steht von demselben so ab, wie es nach dem Werthe der Excentricität der obigen Tabelle sein

Nur für die Erd- und Venusbahn ist die Excentricität so gering, bei dem Maassstab der beiden Tafeln VIII. und IX. die Sonne mit Mittelpunkte der Kreise zusammenfällt.

In Tab. VIII. und IX. ist die Stelle der Sonnennähe jedes einzelnen neten durch einen von der Sonne ausgehenden Pfeil bezeichnet.

Das dritte Kepler'sche Gesetz bezieht sich auf das Verhält-

niss, welches zwischen der Umlaufszeit der Planeten und ihrer mittlere Entfernung von der Sonne besteht. Es heisst:

Die Quadrate der Umlaufszeiten verschiedener Plane ten verhalten sich wie die dritten Potenzen ihrer mittlere Entfernungen von der Sonne.

Bezeichnen wir mit $T$ und $R$ die Umlaufszeit und die mittlere E fernung eines Planeten von der Sonne, mit $t$ und $r$ die entsprechende Grössen für einen anderen Planeten, so ist dem dritten Kepler'sche Gesetze zufolge

$$\frac{T^2}{R^3} = \frac{t^2}{r^3},$$

oder in Worten, der Quotient, welchen man erhält, wenn man das Qu drat der Umlaufszeit eines Planeten durch die dritte Potenz seiner mit leren Entfernung von der Sonne dividirt, ist eine constante Grösse.

Drückt man die Umlaufszeit eines Planeten in Tagen aus, wäh man die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne als Längenei nimmt, so ergiebt sich jener Quotient gleich 133 407, wovon man leicht mit Hülfe der in der Tabelle auf S. 140 mitgetheilten Zahlen ü zeugen kann.

Die absolute Entfernung der verschiedenen Planeten von der S kannte Kepler zwar noch nicht; zur Aufstellung des dritten Gese war aber auch die Kenntniss dieser absoluten Entfernung gar nicht thig, es genügte zu wissen, wie sich die Abstände der Planeten von Sonne zum Halbmesser der Erdbahn verhalten, wie denn ja auch der Tabelle auf S. 140 der Halbmesser der Erdbahn als Längenei genommen ist, mit welcher die Abstände der übrigen Planeten von Sonne gemessen sind.

Gehen wir jetzt zu der Betrachtung der einzelnen Planeten über.

55 **Mercur.** Mercur steht der Sonne stets so nahe, dass er ni voller Nacht, sondern nur in der Morgen- oder Abenddämmerung sehen werden kann. Der grösste Winkelabstand, bis zu welchem er möglicherweise von der Sonne entfernen kann, beträgt 27° 42′. Er deshalb nicht leicht beobachtet werden, namentlich in höheren Br wo die Dämmerung länger dauert. Durch das Fernrohr betrachtet, der Mercur Phasen, welche denjenigen ganz ähnlich sind, die ma der Venus beobachtet und die im nächsten Paragraphen ausführl besprochen werden sollen.

Wenn die untere Conjunction des Mercur zu einer Zeit stattfin wo dieser Planet sich ganz in der Nähe eines der Knotenpunkte sein Bahn befindet, so sieht man ihn als einen scharfen schwarzen Punkt v der Sonnenscheibe vorüberziehen. Solche Durchgänge des Mer deren durchschnittlich 13 in einem Jahrhundert stattfinden, sind jed mit blossem Auge nicht wahrnehmbar; es bedarf dazu eines Fernrohr

Kepler kündigte zuerst einen solchen Durchgang für das Jahr 1631 an und Gassendi beobachtete denselben zu Paris am 6. November des genannten Jahres. Im Reste des gegenwärtigen Jahrhunderts werden solche Vorübergänge des Mercur vor der Sonnenscheibe noch an folgenden Tagen stattfinden:

Am 6. Mai 1878,
„ 7. November 1881*,
„ 9. Mai 1891*,
„ 10. November 1894.

Die beiden mit * bezeichneten Durchgänge sind in Deutschland unsichtbar.

Solche Durchgänge sind sehr geeignet, um den scheinbaren Durchmesser des Mercur zur Zeit seiner unteren Conjunction zu messen.

Die kleinste Entfernung des Mercur von der Sonne beträgt ungefähr 6 Millionen, die grösste 10 Millionen, die mittlere 8 Millionen Meilen.

Die grösste Entfernung, bis zu welcher möglicherweise Mercur sich von der Erde entfernen kann, beträgt 30 Millionen, die kleinstmögliche aber 11 Millionen Meilen.

Bessel bestimmte am Königsberger Heliometer den scheinbaren Durchmesser des Mercur zur Zeit seines Vorüberganges vor der Sonnenscheibe, also zur Zeit, wo er der Erde am nächsten steht, zu 10,5″, wonach sich der wahre Durchmesser gleich 644 geographischen Meilen ergiebt; nach anderen Bestimmungen ist derselbe gleich 670 Meilen.

Bei dem Mercursdurchgang vom 5. November 1868 wurde der scheinbare Durchmesser dieses Planeten von verschiedenen Beobachtern bestimmt. Den kleinsten Werth, 7,8″, fand Stephan in Marseille (wahrscheinlich wegen der Irradiation zu klein), den grössten, 9,48″, fand Wolf in Paris.

**Venus.** Unter allen Planeten kommt keiner der Erde so nahe als die Venus, welche sich auch durch ihr blendend weisses intensives Licht vor allen übrigen auszeichnet. 56

Da die grösste Elongation der Venus 45 bis 48° beträgt, so kann dieser Planet schon drei Stunden vor Sonnenaufgang oder noch drei Stunden nach Sonnenuntergang am Himmel sichtbar sein; er kann also bei voller Nacht beobachtet werden.

Die Phasenerscheinungen, welche die Venus darbietet, sind im Wesentlichen dieselben, wie die bereits beim Mercur erwähnten; weil sie aber bei der Venus viel leichter wahrnehmbar sind, so sollen dieselben hier auch ausführlicher besprochen werden.

Nach der oberen Conjunction entfernt sich die Venus rasch von der Sonne, und zwar nach Osten hin, so dass ihr Untergang nach dem

Untergang der Sonne stattfindet, der Planet also in den **Abendstunden** sichtbar wird, weshalb er zu dieser Zeit den Namen **Abendstern** führt.

Indem sich Venus östlich von der Sonne entfernt, nimmt ihr Glanz sowohl wie ihr scheinbarer Durchmesser zu. Wenn man sie durch ein Fernrohr betrachtet, so beobachtet man eine Abnahme der Lichtgestalt auf der der Sonne abgewendeten Seite, wenn die Venus sich ihrer grössten Elongation nähert; hat sie aber ihre grösste östliche Entfernung von der Sonne erreicht, so erscheint sie nur noch **halb** erleuchtet, sie erscheint uns wie der Mond im ersten Viertel.

Fig. 2 Tab. 3 dient dazu, sowohl die scheinbare Bewegung der Venus in Beziehung auf die Sonne als auch den Wechsel der Lichtgestalten anschaulich zu machen; sie stellt nämlich die **scheinbare** Bewegung der Venus um die Sonne im Jahre 1847 dar. Am 1. Januar 1847 stand die Venus ungefähr 4° östlich von der Sonne; am 29. März ging sie, 24° von der Sonne entfernt, durch den aufsteigenden Knoten. Den grössten östlichen Abstand von $45^3/_4$ Grad erreichte sie am 21. Juli, nahe um dieselbe Zeit, in welcher sie den niedersteigenden Knoten passirte. Um diese Zeit der grössten Elongation erscheint die Venus halb beleuchtet.

Wegen des starken Glanzes der Venus ist die Abnahme ihrer Lichtgestalt auf der Ostseite erst deutlich wahrzunehmen, wenn dieselbe schon weit vorgeschritten ist.

Nachdem die grösste Elongation erreicht worden ist, nähert sich die Venus anfangs langsam, dann aber sehr rasch der Sonne wieder, wobei ihr scheinbarer Durchmesser bedeutend wächst, während die Lichtgestalt auf der Ostseite mehr und mehr abnimmt. Kurz vor der unteren Conjunction erscheint uns die Venus, durch ein Fernrohr gesehen, nur noch als schmale Sichel, worauf sie dann in den Strahlen der Sonne verschwindet, um nach kurzer Zeit auf der Westseite derselben wieder zu erscheinen. Venus geht nun **vor** der Sonne auf, sie ist **Morgenstern**.

Nach der unteren Conjunction nimmt die Lichtgestalt der Venus allmälig wieder zu, bis sie die grösste westliche Elongation erreicht hat, wo sie wieder die Gestalt eines Halbmondes zeigt.

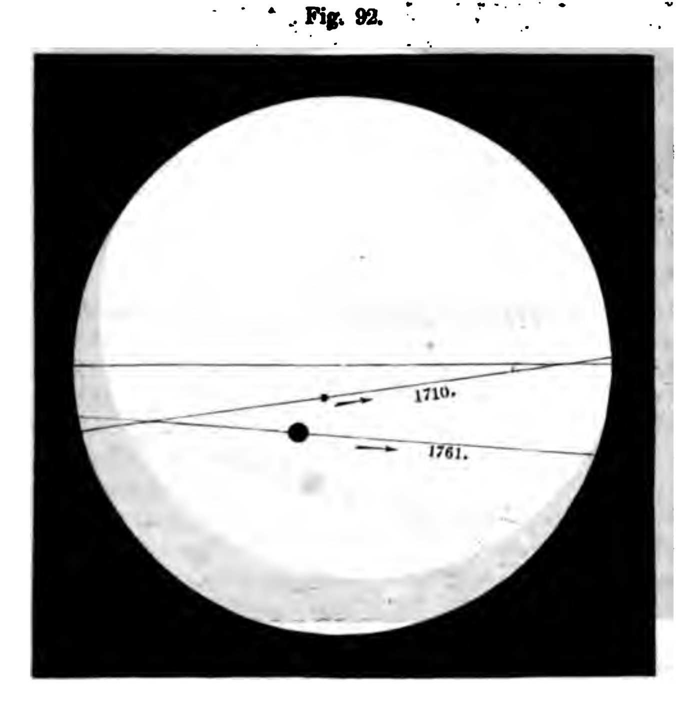
Zur Zeit der unteren Conjunction hatte die Venus im Jahre 1847 eine über 8 Grad betragende südliche Declination, sie ging also unterhalb der Sonne vorüber; zu anderen Zeiten geht sie in gleicher Weise über der Sonne vorüber.

Wenn die untere Conjunction der Venus und der Sonne zu einer Zeit stattfindet, wo die nördliche oder südliche Declination der Venus Null oder doch sehr gering ist, zur Zeit also, wo die Venus den aufsteigenden oder niedersteigenden Knoten passirt, so sieht man die Venus durch Fernröhre als einen völlig schwarzen, scharf begränzten runden Fleck von mehr als 1′ Durchmesser vor der Sonnenscheibe vorübergehen.

92 stellt den Venusdurchgang von 1761 und den Mercursdurchgang 1710 dar.

Nach dem eben Gesagten kann ein Venusdurchgang nur zu einer stattfinden, wo sich die Erde ganz in der Nähe von einem der

Fig. 92.




kte $f$ oder $g$, Tab. VII., befindet, in welchen die Knotenlinie $AB$ der sbahn die Erdbahn schneidet. In $f$ befindet sich die Erde am 5. , in $g$ aber am 7. December.

Es kann demnach ein Venusdurchgang nur stattfinden, wenn eine re Conjunction der Venus an einem der Tage vom 2. bis 8. Juni vom 4. bis 10. December eintritt.

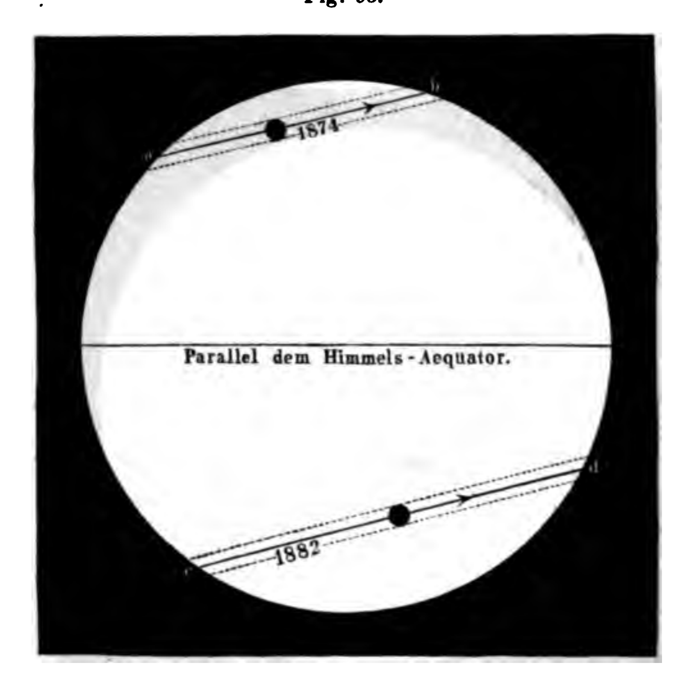
Der erste Venusdurchgang, welcher beobachtet wurde, fand am ecember 1639 Statt. Danach ereigneten sich zwei Durchgänge am ai 1761 und am 3. Juni 1769. Die nächsten vier Durchgänge werstattfinden:

Am 8. December 1874,
„ 6. December 1882,
„ 7. Juni 2004,
„ 5. Juni 2012.

In Fig. 93 stellt $ab$ den Weg dar, welchen am 8. December 1874 Mittelpunkt der Venus vom Mittelpunkt der Erde aus gesehen auf Sonnenscheibe zurücklegen wird. Die gleiche Bedeutung hat die

Linie *cd* für den Venusdurchgang von 1882. Der Venusdurchgang von 1874 ist für Europa nicht sichtbar, weil er zu einer Zeit stattfindet (un-

Fig. 93.




gefähr von 2 Uhr Nachts bis 6 Uhr Morgens), in welcher die Sonne für diesen Welttheil nicht über dem Horizont steht. Der Durchgang vom 6. December 1882 dagegen findet für Europa in den Nachmittagsstunden (ungefähr von 2 Uhr Nachmittags an) Statt.

Es ist bereits oben S. 119 angeführt worden, dass die Beobachtung der Venusdurchgänge von grosser Wichtigkeit für die Bestimmung der Sonnenparallaxe ist; wir wollen nun sehen, worin das Wesentliche dieser Bestimmungsmethode besteht.

Es sei $T$, Fig. 94, die Erde, $S$ die Sonne und zwischen beiden stehe die Venus in $v$. Von verschiedenen Orten der Erde aus gesehen erscheint natürlich die Venus auf verschiedene Stellen der Sonnenscheibe projicirt, z. B. von $a$ aus gesehen in $d$, von $b$ aus gesehen in $c$. $ef$ ist der Weg, welchen die Venus, von $b$ aus gesehen, auf der Sonnenscheibe zurücklegt, $gh$ ist der dem Beobachtungspunkte $a$ entsprechende Weg.

Der Abstand $cd$ der beiden Linien $ef$ und $gh$ verhält sich zu $ab$, Fig. 94, wie $dv$ zu $av$ oder wie die Entfernung der Venus von der Sonne zu der Entfernung der Venus von der Erde.

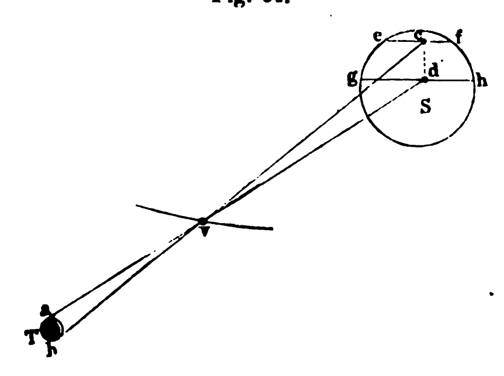
Bezeichnet man den Abstand der Erde von der Sonne mit 1, so ist der Abstand der Venus von der Sonne 0,723, also der Abstand der Ve-

us von der Erde zur Zeit der unteren Conjunction 0,277; wir haben lso:

$$ab : cd = 0{,}277 : 0{,}723, \text{ und daraus ergiebt sich:}$$
$$cd = 2{,}6\ ab.$$

Der Abstand der beiden Linien $ef$ und $gh$, in welchen, von $a$ und aus gesehen, die Venus vor der Sonnenscheibe hergeht, erscheint also

Fig. 94.




ı der Erde aus gesehen 2,6mal so gross als der Abstand $ab$ der beiı Beobachtungspunkte auf der Erde von der Sonne aus gesehen.

Es kommt also nun zunächst darauf an, den Abstand $cd$ zu ermitn. Dieser ergiebt sich aber, wenn man in $a$ sowohl wie in $b$ die Zeiter beobachtet, während welcher die Venus vor der Sonnenscheibe rweilt; aus der Zeit nämlich, welche der Planet braucht, um von $a$ s gesehen die Sehne $gh$ und von $b$ aus gesehen die Sehne $ef$ zu schreiben, kann man auf die Länge dieser Sehnen, und da der beinbare Durchmesser der Sonne bekannt ist, auf ihre Lage auf der nenscheibe schliessen, woraus sich alsdann auch der von der Erde s gesehene Winkelabstand der beiden Sehnen ergiebt.

Nun aber ist $ab$ 2,6mal kleiner als $cd$ und somit ergiebt sich also ch aus diesen Beobachtungen, unter welchem Winkel, von der Sonne s gesehen, die Sehne $ab$ erscheint, woraus sich dann leicht die Horiztalparallaxe der Sonne, d. h. der Winkel ergiebt, unter welchem der dius der Erde, von der Sonne aus gesehen, erscheint.

Am 3. Juni 1769 wurde der Venusdurchgang an vielen Orten der rde beobachtet. Besonders günstig zur Berechnung der Sonnenparalxe waren die Beobachtungsorte Cajanaburg in Finnland (64° 13′ rdl. Br.) und O-Taiti in der Südsee (17° südl. Br.). Am ersteren te betrug die Dauer des Durchganges $6^h\ 11'\ 40''$, am letzteren $5^h\ 48'\ 4''$, raus sich der schon oben erwähnte Werth für die Horizontalparallaxe r Sonne, nämlich 8,6 Secunden ergiebt.

Die punktirten Linien über $ab$ und $cd$ in Fig. 94 bezeichnen den eg, welchen der Mittelpunkt der Venus am 8. December 1874 und am

6. December 1882 auf der Sonnenscheibe zurücklegen würde, wenn man den Durchgang vom Südpol der Erde aus beobachten könnte. Die punktirten Linien unter *ab* und *cd* haben die gleiche Bedeutung für den Fall, dass der Durchgang der Venus auf dem Nordpol der Erde beobachtet würde.

Die Berechnung der Sonnenparallaxe nach obiger Methode wird dadurch etwas verwickelter, dass die Durchgangszeiten durch die Ortsveränderung modificirt werden, welche die Beobachtungsorte in Folge der Axendrehung und der fortschreitenden Bewegung der Erde erleiden. Hier, wo es sich nur darum handelt, die Grundidee der Methode verständlich zu machen, können wir aber nicht näher auf diese Details eingehen.

Der Lichtglanz der Venus ist so lebhaft, dass die sorgfältigsten Beobachtungen in Beziehung auf die physische Natur ihrer Oberfläche noch zu keinem Resultate führten. Manchmal erscheinen äusserst schwache, kaum wahrnehmbare Flecken, aus deren Bewegung man geschlossen hat, dass die Venus sich in 23 Stunden 21 Minuten um ihre Axe dreht. Fast dasselbe Resultat in Betreff der Axendrehung liefert auch die Beobachtung gewisser in regelmässigen Perioden wiederkehrender kleiner Veränderungen in der Gestalt der Hörner der Venussichel.

Das blendende Licht der Venussichel verliert sich allmälig gegen die Nachtseite der Venus hin; es findet hier keine scharfe Gränze zwischen Licht und Dunkel Statt, wie beim Mond, und daraus hat man geschlossen, dass auf der Venus wie auf der Erde vor dem Aufgange und nach dem Untergange der Sonne eine Dämmerung stattfinde, dass also die Venus von einer Atmosphäre umgeben sei.

Nach den Beobachtungen von Schröter sollen einzelne Venusberge fünf- bis sechsmal so hoch sein als die höchsten Gebirge der Erde.

Unter allen Planetenbahnen hat die Bahn der Venus die geringste Excentricität. Ihre mittlere Entfernung von der Sonne beträgt nahe 15 Millionen, der Unterschied zwischen ihrem grössten und ihrem kleinsten Abstande von der Sonne beträgt nur 200 000 Meilen.

Die Venus kann sich der Erde bis auf $5^1/_4$ Millionen Meilen nähern und sich bis auf 36 Millionen Meilen von ihr entfernen.

Der scheinbare Durchmesser der Venus beträgt zur Zeit ihrer unteren Conjunction ungefähr 62″.

Der wahre Durchmesser der Venus beträgt 1717 Meilen; sie ist also fast eben so gross wie die Erde.

57 **Die nächsten Erscheinungen der Venus.** Am 7. December 1870 kommt Venus in obere Conjunction mit der Sonne, von welcher sie sich nun langsam nach Osten hin entfernt, so dass sie im Frühjahr 1871 als Abendstern sichtbar wird. Ihre grösste östliche Abweichung erreicht sie am 18. Juli 1871, wo sie um $9^h$ $50^m$ untergeht. Nun nähert sie sich der Sonne wieder und zwar anfangs langsam, dann

aber, nachdem sie am 19. August ihren grössten Glanz erreicht hat, sehr rasch, so dass sie schon am 26. September mit der Sonne in unsere Conjunction kommt. Nachdem Venus kurze Zeit vor und nach der unteren Conjunction unsichtbar geblieben war, erscheint sie wieder als Morgenstern, erreicht als solcher ihren grössten Glanz am 5. November 1871 und ihre grösste westliche Abweichung am 6. December 1871.

Die nun folgende Erscheinungsperiode der Venus lässt sich nach folgenden Daten übersehen:

♀ obere ☌ ☉ 15. Juli 1872,
♀ wird als Abendstern sichtbar im Spätherbst 1872,
♀ grösste östl. Abw. 22. Februar 1873 } als Abendstern,
♀ grösster Glanz 30. März 1873 }
♀ untere Conjunction 5. Mai 1873,
♀ grösster Glanz 10. Juni 1873 } als Morgenstern.
♀ grösste westliche Abweichung 14. Juli 1873 }

**Mars.** Die Bahn dieses Planeten ist sehr excentrisch; seine grösste Entfernung von der Sonne ist 1,66, seine kleinste aber 1,38mal so gross als der mittlere Abstand der Erde von der Sonne. Der mittlere Abstand des Mars von der Sonne beträgt 32 Millionen Meilen. Der Erde kann sich dieser Planet bis auf 7³/₄ Millionen Meilen nähern und sich bis auf 55 Millionen Meilen von ihr entfernen. 58

Als oberer Planet kann der Mars nie zwischen Erde und Sonne zu stehen kommen, also nie einen vollständigen Phasenwechsel zeigen wie Venus und Mercur. Zur Zeit der Conjunction und der Opposition erscheint er als volle kreisförmige Scheibe, die aber bis zur Quadratur auf der von der Sonne abgewendeten Seite abnimmt, so dass um diese Zeit die Marsscheibe ungefähr so erscheint wie der Mond vier Tage vor oder nach dem Vollmonde.

Mit blossem Auge gesehen zeigt Mars ein entschieden rothes Licht. Mit dem Fernrohr betrachtet zeigt er Flecken, aus deren Bewegung man gefolgert hat, dass dieser Planet seine Axendrehung in 24 Stunden 37 Minuten vollendet. An den Polen erscheint er schwach abgeplattet. Nach Arago's Messungen beträgt diese Abplattung $^1/_{39}$.

An den Polen des Mars zeigen sich zwei sehr deutliche weisse Flecken, wie man Fig. 3 auf Tab. X. sieht, welche den Anblick des Mars durch stark vergrössernde Fernrohre zeigt. Diese Flecken nehmen abwechselnd an Grösse ab und zu. Es ist wahrscheinlich, dass dieselben von grossen Schnee- und Eismassen herrühren, welche sich während des Winters an den Polen anhäufen und dann während des Sommers wieder abnehmen. Aus der Beobachtung dieser Flecken hat man geschlossen, dass der Aequator des Mars einen Winkel von 28° 42′ mit seiner Bahn macht; es findet also auf diesem Planeten ein Wechsel der Jahreszeiten in ähnlicher Weise Statt wie auf der Erde.

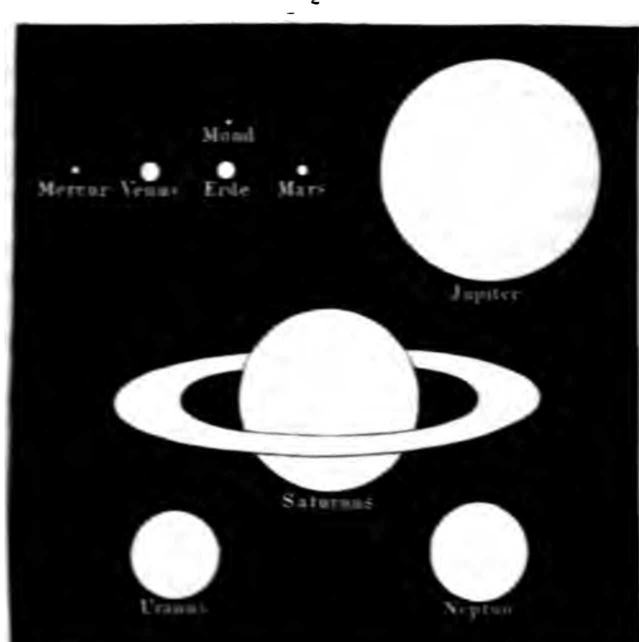
Zur Zeit der Opposition erscheint der Durchmesser des Mars un
einem Winkel von 22 bis 24 Secunden, während der wahre Durchmes
dieses Planeten 884 oder nach neueren Bestimmungen 918 Meilen '
trägt.

59 **Jupiter.** Die Entfernung des Jupiter von der Sonne variirt z
schen $102^1/_2$ und zwischen $112^1/_2$ Millionen Meilen. Der Erde näh
er sich bis auf 82 Millionen und entfernt sich von ihr bis auf 133 l
lionen Meilen.

Der scheinbare Durchmesser des Jupiter ist 49 Secunden
Zeit der Opposition, aber nur 30″ zur Zeit der Conjunction.

Jupiter ist sehr stark abgeplattet; der Polardurchmesser ist um
kleiner als der Aequatorealdurchmesser, welcher 20000 Meilen betr
also ungefähr 11mal grösser ist als der Durchmesser der Erde.

Fig. 95.




Jupiter ist unter allen Planeten der grösste; sein Grössenverhält
zur Sonne ist bereits durch Fig. 79 auf Seite 120 anschaulich gem
worden; in gleicher Weise dient Fig. 95 dazu, das Grössenverhält
des Jupiter zu den übrigen Planeten zu versinnlichen. Man sieht
dieser Figur, dass der Grösse nach auf den Jupiter der Saturn und
diesem Neptun und Uranus folgen. Venus und Erde sind nahe gl
gross, Mars ist weit kleiner, Mercur kaum grösser als unser Mond.

Mit guten Fernrohren beobachtet man auf der Jupiterscheibe parallele nklere Streifen, deren Gestalt und Lage ziemlich veränderlich ist. Gewöhnlich sind zwei solcher Streifen gegen die Mitte der Scheibe hin besonders deutlich. Ausserdem beobachtet man oft noch Flecken, welche nach einiger Zeit wieder verschwinden. Fig. 1 und Fig. 2 auf Tab. X. zeigen das Ansehen des Jupiter, wie derselbe von Mädler und Beer am 2. Januar 1835 und am 4. Januar 1836 beobachtet wurde. Die schwärzlichen Flecken, die man in der einen Jupitersfigur auf Tab. X. bemerkt, waren vom 4. November 1834 bis zum 18. April 1835 sichtbar, während der Streifen, auf welchem sie sich befinden, im Laufe des Februar verschwand.

Aus der Beobachtung solcher Flecken ergiebt sich, dass sich Jupiter mit grosser Geschwindigkeit um seine Axe dreht, und zwar vollendet er seine Axendrehung in 9 Stunden 55 Minuten. Die oben besprochenen Streifen sind dem Aequator des Jupiter parallel, welcher nur einen Winkel von 3° mit der Ebene der Jupitersbahn macht, woraus sich ergiebt, dass der Wechsel der Jahreszeiten auf diesem Planeten kaum merklich sein kann.

Die bedeutende Abplattung des Jupiter ist eine Folge seiner raschen Axendrehung.

Jupiter wird von vier Trabanten umkreist deren nähere Betrachtung weiter unten folgt.

**Die nächsten Sichtbarkeitsperioden des Jupiter.** Im August 1870 geht Jupiter um Mitternacht auf. Von da an rückt die Aufgangszeit dieses Planeten erst auf die späteren, dann auf die früheren Abendstunden vor und er bleibt dann in den früheren Abendstunden bis in den Mai 1871 sichtbar. 60

Am 18. September 1870 kommt ♃ □ ☉, er culminirt zu dieser Zeit um 6 Uhr Morgens und geht ungefähr um 10 Uhr Abends auf. Am 13. December 1870 kommt Jupiter in Opposition mit der Sonne (♃ ☍ ☉) und geht jetzt schon 15 Minuten vor 4 Uhr Nachmittags auf und culminirt um Mitternacht.

Am 8. März 1871 kommt Jupiter abermals in Quadratur mit der Sonne und zwar so, dass er 6 Stunden nach der Sonne (um 6 Uhr Abends) culminirt. Sein Untergang findet um diese Zeit um 2 Uhr Nachts Statt. Gegen Ende April geht Jupiter um Mitternacht zu Anfang Juni um 10 Uhr Abends unter, um sich alsbald in den Strahlen der Sonne zu verlieren.

Jupiter (wie überhaupt alle oberen Planeten) ist überhaupt in den Abendstunden sichtbar in der Zeit zwischen der Quadratur vor und der Quadratur nach der Opposition.

Betrachten wir nun den Weg, welchen Jupiter in dieser Zeit am gestirnten Himmel durchläuft. In der Mitte des August 1870 steht ♃ ungefähr südlich von β des Stiers und etwas nördlich von der Ekliptik,

also in der Nähe des Punktes, welcher auf der Sternkarte Tab. IV. a Stand der Sonne am 10. Juni bezeichnet ist. Bis zur Mitte des Octob rückt er nach Osten bis in die Nähe der Stelle vor, welche die Sonne a 18. Juni einnahm und wird hier stationär, er beginnt also seine rücl läufige Bewegung. Zur Zeit seiner Opposition (gegen die Mitte d December) steht ♃ ganz nahe der Stelle, welche er in der Mitte Augu einnahm; er setzt seine rückläufige Bewegung fort bis zum 9. Febru 1871, wo er wieder stationär und dann rechtläufig wird. Der We den ♃ vom 13. December 1870 bis zum 9. Februar 1871 rückläuf also von Ost nach West fortschreitend zurücklegt, beträgt ungefähr 1 (22 Vollmondbreiten), er erreicht also am 9. Februar 1871 beinahe d Verbindungslinie der Sterne $\alpha$ und $\beta$ tauri. Wieder rechtläufig gew den erreicht ♃ in den ersten Tagen des Mai 1871 ohngefähr die Stel welche er beim Beginn seiner Rückläufigkeit eingenommen hatte.

Nachdem nun Jupiter meist unsichtbar in rechtläufiger Richtu einen ziemlich grossen Weg (ungefähr 30°) zurückgelegt hat, ersche er von der Mitte September 1871 an, wo er um Mitternacht aufge wieder in den späteren Abendstunden und er steht jetzt an der Grä der Sternbilder der Zwillinge und des Krebses. Es kommt nun

♃ □ ☉ am 22. October 1871,
♃ wird stationär und alsdann rückläufig am 16. November 18
♃ ☍ ☉ am 15. Januar 1872,
♃ wird stationär und dann rechtläufig am 15. März 1872,
♃ □ ☉ am 10. April 1872.

Die Schleife, welche Jupiter bei dieser Oppositionsperiode bil fällt zum Theil in das Sternbild des Krebses, zum Theil in das Sternl der Zwillinge.

Für die nun folgende Oppositionsperiode haben wir folgende Da

♃ □ ☉ am 22. November 1872,
♃ wird stationär und rückläufig am 17. December 1872,
♃ ☍ ☉ am 14. Februar 1873,
♃ wird stationär und rechtläufig am 17. April 1873,
♃ □ ☉ am 12. Mai 1873.

Jupiter ist also wieder in den Abendstunden sichtbar vom Nov ber 1872 bis Ende Mai 1873.

Der ungefähr 11° lange Weg, den Jupiter in rückläufiger Richt zurücklegt, liegt diesmal im grossen Löwen und zwar ohngefähr zu östlich und zu ²⁄₃ westlich von Regulus ($\alpha$ leonis), er geht also zw mal sichtbar nahe bei $\alpha$ leonis vorbei und zwar kommt

♃ ☌ $\alpha$ leonis am 6. November 1872 (rechtläufig),
♃ ☌ $\alpha$ leonis am 18. Januar 1873 (rückläufig).



61

**Saturn.** Der grösste Abstand dieses Planeten von der Sonne be-t 208¼, sein kleinster 186¼ Millionen Meilen. Seine Entfernung der Erde wechselt zwischen 165½ und 229 Millionen Meilen.

Der **scheinbare Durchmesser** der Saturnskugel variirt zwischen (Opposition) und 15″ (Conjunction), der **wahre Durchmesser** des rn aber beträgt 16 305 Meilen. Er ist also ungefähr 9mal so gross ler Durchmesser der Erde.

Die siderische Umlaufszeit des Saturn beträgt 29 Jahre 166 Tage 5 Stunden.

Seine Abplattung beträgt etwas weniger als $1/_{10}$ des Aequatoreal-hmessers.

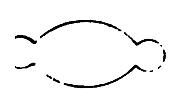
Saturn zeigt ähnliche Streifen wie der Jupiter, nur sind sie nicht eutlich. Aus der Beobachtung einzelner Flecken hat man geschlos-dass die Umdrehung um die Axe in $10^h$ 29′ vollendet wird. Die ne des Saturnsäquators macht einen Winkel von 28° 40′ mit seiner n.

Vor allen anderen Planeten ist Saturn durch einen **Ring** ausgezeich-welcher in der Ebene des Saturnsäquators freischwebend den Pla-n umgiebt. Fig. 4 auf Tab. X. stellt den Saturn mit seinem Ringe wie ihn sehr gute und stark vergrössernde Fernrohre zeigen. Die-Ring ist ziemlich breit und dabei sehr dünn.

Die grosse Axe des Saturnsringes erscheint uns zur Zeit der Oppo-n ungefähr unter einem Winkel von 47 Secunden.

Mit blossem Auge ist diese merkwürdige Erscheinung nicht wahr-nbar, und die ersten Astronomen, welche den Saturn durch Fern-e beobachteten, konnten über das wahre Wesen derselben noch nicht ins Reine kommen. Fig. 96 stellt die Abbildung dar, welche **Galiläi** vom Saturn gab und der ihn tergeminum oder tricorporeum nannte. **Hevel** stellte den Saturn als gleichsam mit zwei Henkeln versehen dar; erst **Huyghens** kam auf die richtige Vorstellung.

Fig. 96.

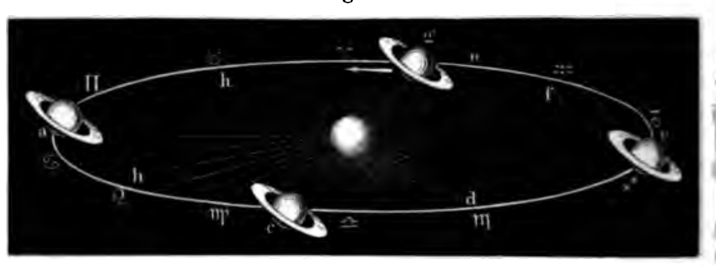


Der Anblick, welchen uns der Saturnsring darbietet, ist keineswegs s derselbe; denn die Umdrehungsaxe des Saturn behält im Weltraume dieselbe Richtung, wie dies ja auch bei der Erdaxe der Fall ist, lich wird die Ebene des Saturnsringes stets parallel mit sich selbst choben, wie dies Fig. 97 (a. f. S.) dargestellt ist.

Wenn die heliocentrische Länge des Saturn ungefähr 344° ist, wenn also ungefähr in der Mitte des **Zeichens** der Fische sich befindet *g*, Fig. 97), so liegt die Sonne in der verlängerten Ringebene; von Sonne aus gesehen wird also der Ring des Saturn zur Linie verkürzt heinen. Bewegt sich nun der Planet in der Richtung des Pfeiles ter, so wird man alsbald von der Sonne aus auf die Nordseite des ges sehen können; er erscheint zunächst als eine flache Ellipse, deren ne Axe mehr und mehr wächst, bis sie endlich ihr Maximum erreicht.

wenn Saturn ungefähr in der Mitte des Zeichens der Zwillinge, al[s] bei *a*, Fig. 97, steht.

Fig. 97.



Der Ring verschwindet wieder, wenn Saturn im Zeichen der Jungfrau steht; er erscheint wieder in seiner grössten Breite, wenn der Planet in der Mitte des Zeichens des Schützen angelangt ist.

Die Erde steht der Sonne im Verhältniss zum Halbmesser der Saturnsbahn so nahe, dass von ihr aus der Saturnsring fast ebenso gesehen wird, wie er von der Sonne aus gesehen erscheint.

Da die siderische Umlaufszeit des Saturn fast 30 Jahre beträgt, so wird einem vollständigen Cyclus der Ringgestalten ein Zeitraum von [30] Jahren entsprechen.

Fig. 1 und Fig. 2 auf Tab. 7 stellen die wesentlichsten Veränderungen der Ringgestalt während eines Umlaufs des Saturn dar, und zwar mit Angabe der Jahre, in welchen er diese Gestalten zeigte oder zeigen wird. Im Jahre 1855 erschien der Ring so ziemlich in seiner grössten Breite; im Jahre 1863 erschien er uns zur Linie verkürzt und von da an bis 1877, wo der Ring abermals verschwindet, sehen wir auf seine südliche Fläche.

Bis jetzt hat man 8 Saturnstrabanten entdeckt.

62 **Die nächsten Oppositionsperioden des Saturn.** Die scheinbaren Bahnen des Saturn haben grosse Aehnlichkeit mit denen des Jupiter, nur sind die Schleifen und der Abstand zweier auf einander folgenden Schleifen kleiner als beim Jupiter. Der in rückläufiger Richtung zurückgelegte Weg beträgt ungefähr 7° und der Abstand von einem Wendepunkt bis zum gleichnamigen Wendepunkt des nächsten Jahres beträgt gegen 13°.

Während die nächsten Oppositionsperioden des Jupiter in den Winter fallen, finden die nächsten Oppositionen des Saturn im Sommer statt. Für die nächsten Erscheinungen des Saturn haben wir folgende Data:

Für das Jahr 1871:

♄ ☍ ☉ am 30. März.

♄ wird stationär und rückläufig am 19. April.

♄ ☍ ☉ am 28. Juni,
♄ wird stationär und rechtläufig am 7. September,
♄ □ ☉ am 26. September.

Für das Jahr 1872:

♄ □ ☉ am 10. April,
♄ wird stationär und rückläufig am 29. April,
♄ ☍ ☉ am 9. Juli,
♄ wird stationär und rechtläufig am 17. September,
♄ □ ☉ am 7. October,
♄ ☋ am 10. December.

**Für das Jahr 1873:**

♄ □ ☉ am 22. April,
♄ wird stationär und rückläufig am 12. Mai,
♄ ☍ ☉ am 21. Juli,
♄ wird stationär und rechtläufig am 29. September,
♄ □ ☉ am 19. October.

Die Schleife der Saturnsbahn fällt für das Jahr 1871 und für das ahr 1872 in das Sternbild des Schützen und zwar ist die Rectascen-on des Saturn am 28. Juni 1871 $18^h$ $28^m$ $38^s$ und am 9. Juli 1872 $^h$ $17^m$ $50^s$. Für das Jahr 1873 fällt die Schleife der Saturnsbahn be-its in das Sternbild des Steinbocks.

**Uranus.** Wir haben bis jetzt nur diejenigen Planeten betrachtet, 63 lche mit blossem Auge sichtbar sind. Selbst nachdem die Fernrohre funden waren, dauerte es noch geraume Zeit, bis sie zur Entdeckung ner Planeten führten.

Am 13. März 1781 beobachtete Herschel im Bilde der Zwillinge nen Stern, der sich durch einen merklichen Durchmesser auszeichnete d schon am nächsten Abend eine kleine Ortsveränderung zeigte. Es llte sich durch fortgesetzte Beobachtung dieses Sternes alsbald heraus, ss er ein Planet sei, welcher noch jenseits der Saturnsbahn um die nne kreist.

Nach Bode's Vorschlag wurde der neue Planet Uranus (♅) ge-nnt.

Uranus erscheint höchstens als ein Stern sechster Grösse, und nur rch ganz ausgezeichnete Fernrohre erscheint sein Durchmesser gross nug, um ihn von einem Fixsterne zu unterscheiden.

Die siderische Umlaufszeit des Uranus beträgt 84 Jahre 5 Tage 19 unden 41,6 Minuten. Seine mittlere Entfernung von der Sonne ist ,18mal so gross als der Abstand der Erde von der Sonne oder $396\frac{1}{2}$ illionen Meilen. Die Excentricität seiner Bahn ist 0,0466.

Die Neigung seiner Bahn ist nur 46,5′; die Länge des aufsteigenden Knotens 72° 59′ 21″; die Länge des Perihelinms ist 167° 30′ 24″.

In seiner Erdnähe ist sein scheinbarer Durchmesser 4,3″ und daraus ergiebt sich, dass sein wahrer Durchmesser gleich 7466 Meilen ist.

Zwei auf einander folgende Oppositionen des Uranus sind am Himmel nur um 4½ Grad von einander entfernt.

Uranus ist gleichfalls von mehreren Trabanten umkreist, welche später näher betrachtet werden sollen.

64 **Die kleinen Planeten.** Wenn man die Abstände der älteren Planeten von der Sonne aufmerksam betrachtet, so findet man zwischen Mars und Jupiter eine auffallende Lücke. Bezeichnet man nämlich den Abstand des Mercur von der Sonne mit 4, so hat man für

| | | | |
|---|---|---|---|
| Mercur . . . | 4 | | |
| Venus . . . | 7,5 | also nahezu | 4 + 1 × 3 |
| Erde . . . | 10,3 | „ „ | 4 + 2 × 3 |
| Mars . . . | 15,7 | „ „ | 4 + 4 × 3 |
| Jupiter . . | 53,7 | „ „ | 4 + 16 × 3 |
| Saturn . . . | 98,3 | „ „ | 4 + 32 × 3. |

In obiger Reihe der Factoren von 3 ist jeder folgende doppelt so gross als der vorhergehende, nur fehlt zwischen 4 × 3 (Mars) und 16 × 3 (Jupiter) das Glied 8 × 3. Diese Lücke, welche schon Kepler auffiel, veranlasste unter den Astronomen die Hoffnung, zwischen Mars und Jupiter einen neuen Planeten aufzufinden. Namentlich war es Bode, welcher diese Ansicht vertrat.

Diese Hoffnung ist verwirklicht worden; aber statt eines einzigen Planeten, welchen man zwischen Mars und Jupiter vermuthete, sind ihrer bereits über 100 entdeckt worden, die man mit dem gemeinschaftlichen Namen der kleinen Planeten oder der Planetoiden bezeichnet.

Am 1. Januar 1801 erblickte Piazzi zu Palermo einen kleinen Stern im Sternbilde des Widders, der alsbald eine merkliche Ortsveränderung zeigte und den er zuerst für einen Kometen hielt, dessen planetarische Natur sich aber bald herausstellte; Piazzi legte dem neu entdeckten Planeten den Namen Ceres (⚳) bei.

Ceres unterscheidet sich im Ansehen nicht von einem teleskopischen Sterne siebenter bis neunter Grösse; ihr scheinbarer Durchmesser ist so gering, dass man ihn mit Sicherheit noch nicht bestimmen konnte.

Schon am 28. März 1802 entdeckte Olbers in Bremen einen zweiten zwischen Mars und Jupiter kreisenden Planeten, den er Pallas (⚴) nannte. Dieser Entdeckung folgte am 1. September 1804 die der Juno (⚵) durch Harding in Lilienthal und die der Vesta (⚶) am 29. März 1807 durch Olbers.

Für weitere Entdeckungen von Planeten sind zuverlässige Sternkarten, welche wenigstens die Thierkreiszone umfassen und auch wenigstens die grösseren der teleskopischen Sterne enthalten, von grosser Wichtig-

so entdeckte Henke in Driesen am 8. December 1845 durch Ver-
ıg des Himmels mit den ausgezeichneten Sternkarten der Berliner
ie die Asträa und am 1. Juli 1847 die Hebe. Hind in Lon-
deckte am 13. August 1847 die Iris und am 18. October dessel-
ires die Flora.

ese in den Jahren 1845 und 1847 entdeckten Planeten kreisen
1801 bis 1804 entdeckten zwischen Mars und Jupiter. In dem-
Gürtel wurden aber später noch eine grosse Anzahl kleiner Pla-
aufgefunden, so dass man deren jetzt schon 107 kennt, ihre
sind:

eres.
allas.
uno.
esta.
sträa.
ebe.
is.
lora.
letis.
lygiea.
arthenope.
ictoria.
geria.
rene.
unomia.
syche.
hetis.
lelpomene.
ortuna.
lassalia.
utetia.
alliope.
halia.
hemis.
hocäa.
roserpina.
uterpe.
ellona.
29. Amphitrite.
30. Urania.
31. Euphrosyne.
32. Pomona.
33. Polyhymnia.
34. Circe.
35. Leucothea.
36. Atalante.
37. Fides.
38. Leda.
39. Lätitia.
40. Harmonia.
41. Daphne.
42. Isis.
43. Ariadne.
44. Nysa.
45. Eugenia.
46. Hestia.
47. Aglaja.
48. Doris.
49. Pales.
50. Virginia.
51. Nemausa.
52. Europa.
53. Calypso.
54. Alexandra.
55. Pandora.
56. Melete.
57. Mnemosyne.
58. Concordia.
59. Olympia.
60. Danaë.
61. Echo.
62. Errato.
63. Ausonia.
64. Angelina.
65. Cybele.
66. Maja.
67. Asia.
68. Leto.
69. Hesperia.
70. Panopea.
71. Niobe.
72. Feronia.
73. Clytia.
74. Galatea.
75. Eurydice.
76. Freia.
77. Frigga.
78. Diana.
79. Eurynome.
80. Sappho.
81. Terpsychore.
82. Alcmene.
83. Beatrix.
84. Clio.
85. Jo.
86. Semele.
87. Sylvia.
88. Thisbe.
89.
90. Antiope.
91. Aegina.
92. Undina.
93.
94.
95. Arethusa.
96. Aegle.
97. Clotho.
98. Janthe.
99.
100. Hekate.
101. Helena.
102. Miriam.
103.
104.
105.
106.
107. Camilla.

on diesen kleinen Planeten wurden 9 von Hind, 9 von Gasparis,
Luther, 13 von Goldschmidt, 7 von Chacornac u. s. w. ent-

lle diese Planeten sind teleskopisch. Für die meisten derselben
noch nicht gelungen, den scheinbaren Durchmesser mit Sicher-
ı messen. Der wahre Durchmesser der Vesta ist nach Mäd-
Messungen 66 Meilen ($^1/_7$ des Monddurchmessers). Nach La-

**mont's** Beobachtungen beträgt der Durchmesser der Pallas höchstens 145 Meilen. Juno hat schwerlich über 80 Meilen im Durchmesser.

Je kleiner der scheinbare Durchmesser der Gestirne wird, desto störender wirkt die Irradiation auf eine genaue Messung desselben, man kann deshalb nicht hoffen, den wahren Durchmesser der kleineren Planetoiden durch eine Messung des scheinbaren Durchmessers zu ermitteln. Eine andere später zu besprechende Methode, den wahren Durchmesser der Planetoiden zu berechnen, ergiebt sich aber aus einer **photometrischen** Vergleichung derselben. Nach dieser Methode ergeben sich für die grösseren Planetoiden folgende Durchmesser:

| | | |
|---|---|---|
| Ceres . . . | 46,2 | geogr. Meilen, |
| Vesta . . . | 42,9 | „ „ |
| Pallas . . . | 35,8 | „ „ |
| Juno . . . | 26,7 | „ „ |

für die kleinsten aber:

| | | |
|---|---|---|
| Atalanta . . | 4,9 | geogr. Meilen, |
| Maja . . . | 4,9 | „ „ |
| Sappho . . | 4,4 | „ „ |
| Clio . . . | 3,9 | „ „ |

Der Umfang der **Clio** beträgt also nur 12 Meilen, ihre Oberfläche nur 48 Quadratmeilen, ist also ungefähr halb so gross als die des ehemaligen Herzogthums Nassau.

Unter diesen kleinen Planeten hat Flora den kleinsten, und Hygiea den grössten mittleren Abstand von der Sonne; ersterer ist 2,20, letzterer 3,15, wenn man den Abstand der Erde von der Sonne gleich 1 setzt.

Die Bahnen dieser kleinen Planeten sind meistens sehr stark excentrisch; so ist z. B. die Excentricität der Iris 0,227, die der Juno 0,255, die der Pallas 0,242. Die geringste Excentricität 0,077 hat die Bahn der Ceres.

Die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik ist bei den kleinen Planeten meistens sehr beträchtlich; sie ist z. B.

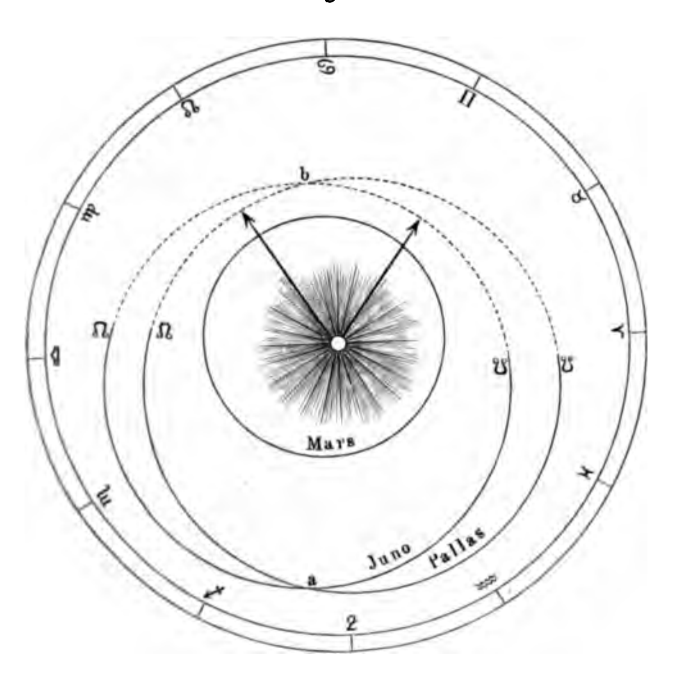
| | | | |
|---|---|---|---|
| für Flora . . . | 5° 53′ | für Juno . . . | 13° 2′ |
| „ Ceres . . . | 10 37 | „ Pallas . . | 34 35. |

Deshalb entfernen sich auch die scheinbaren Bahnen der Planetoiden oft sehr weit von der Ekliptik; so durchlief z. B. Pallas im Jahre 1[illegible] vom 27. Grad südlicher Declination an die Sternbilder Eridanus, Orion, kleiner Hund, Wasserschlange, Sextant und Jungfrau.

Aus den angegebenen Verhältnissen ersieht man schon, dass die Bahnen des kleinen Planeten sich nicht einander einschliessen können, wie z. B. die Bahn der Venus die des Mercur, und die Bahn der Erde wieder die der Venus einschliesst, sondern es finden mannigfache Verschlingungen dieser Bahnen Statt, wie man aus Fig. 98 sieht, welche die Bahnen der Juno und der Pallas darstellt. Bei *a* läuft die Bahn der Pallas nördlich über, bei *b* läuft sie südlich unter der Bahn der Juno her, so dass sich die beiden Bahnen förmlich durchschlingen.

Es ist die Vermuthung ausgesprochen worden, dass die Planetoiden rümmer eines grösseren Planeten seien, eine Meinung, welche bis jetzt eder bestätigt noch widerlegt werden konnte.

Fig. 98.




**Neptun.** Zu den schönsten Triumphen der Wissenschaft gehört **65**
e Entdeckung des Neptun (♆), welcher noch jenseits des Uranus um
e Sonne kreist. Die Entdeckungsgeschichte dieses Planeten können
r erst später besprechen, wenn von der gegenseitigen Massenanziehung
r Planeten die Rede sein wird. Die halbe grosse Axe seiner Bahn ist
gefähr 36,154 und seine Umlaufszeit 217,4 Jahre. Da er erst im
hre 1846 entdeckt worden ist, und man ihn also bis jetzt nur in einem
hr kleinen Theil seiner Bahn beobachten konnte, so kann man die
rigen Elemente seiner Bahn noch nicht mit hinlänglicher Genauigkeit
geben.

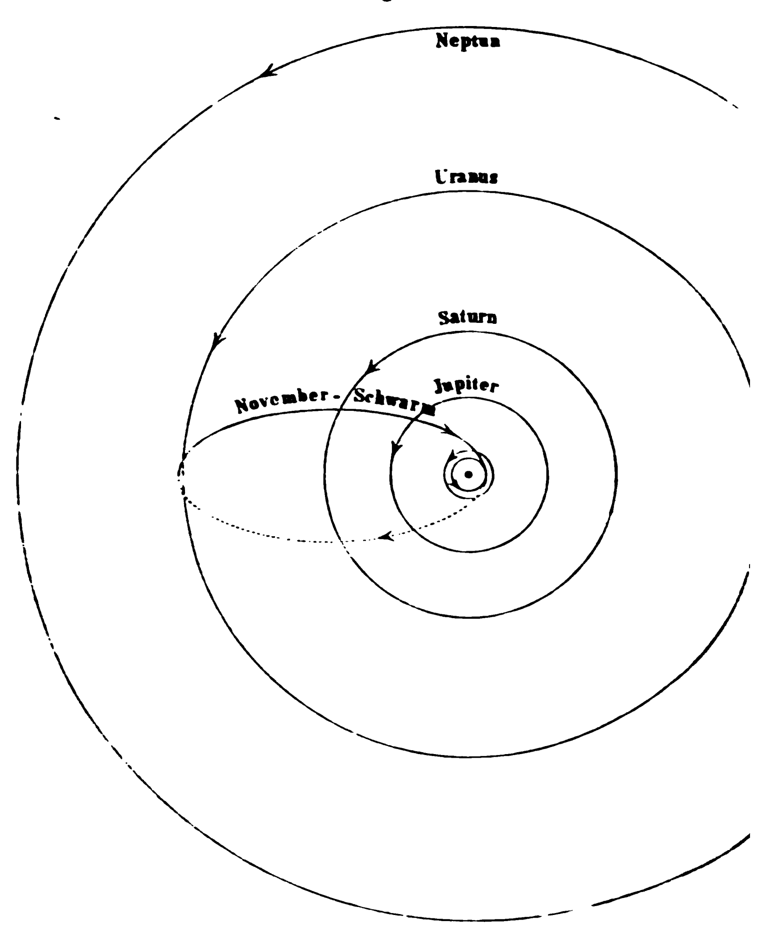
Neptun erscheint ungefähr wie ein Stern achter Grösse; in jedem
hre rückt er am Himmel nicht ganz um 2$^0$ voran. Sein scheinbarer
rchmesser ist ungefähr 2,5″; demnach wäre sein wahrer Durchmesser
00 Meilen, während sein Abstand von der Sonne 744 Millionen Meilen
trägt.

Auch ein Trabant des Neptun ist bereits aufgefunden worden.

Fig. 99 stellt die Bahnen der oberen Planeten in ihrem rich Grössenverhältniss dar. Der innerste kleine Kreis stellt die Erdb



Fig. 99.




der darauf folgende aber die Marsbahn dar. Von der in Fig. zeichneten elliptischen Bahn, deren Perihel die Erdbahn und Aphel fast die Uranusbahn tangirt, wird später die Rede sein.

Fünftes Capitel.

# Die Satelliten.

---

**Die Trabanten.** Mit dem Namen der Trabanten oder der 66
ıtelliten bezeichnet man solche Himmelskörper, welche die Planeten
ch denselben Gesetzen umkreisen, wie die Planeten selbst die Sonne,
mmelskörper also, welche die Planeten auf ihren Bahnen begleiten,
her auch der Name. Vor der Entdeckung der Fernrohre war nur ein
ıziger derartiger Satellit bekannt, nämlich der Mond, dessen Central-
rper die Erde ist. Zu den ersten Entdeckungen aber, welche Gali-
i mit dem neu erfundenen Fernrohre machte, gehört die, dass der
ıpiter von vier Trabanten in ähnlicher Weise umkreist wird, wie
Erde von einem einzigen. Später wurden auch noch Trabanten des
turn, des Uranus und des Neptun entdeckt.

**Scheinbare Bahn des Mondes.** Nächst der Sonne ist für 67
s unstreitig der Mond das wichtigste aller Gestirne. Wie die Sonne
reitet er in der Richtung von West nach Ost unter den Sternen des
ierkreises fort, aber weit rascher als die Sonne, indem er von einem
ge zum anderen fast um 13 Grade in der angegebenen Richtung vor-
ckt.

Fig. 3, Tab. 7 stellt die scheinbare Bahn des Mondes vom 1. bis
m 27. Januar 1855 dar. Man sieht zunächst daraus, dass der Mond
ets rechtläufig ist und dass in seiner Bahn keine Schlingen und
hleifen vorkommen, wie wir sie bei den Planetenbahnen beobachten.

Die scheinbare Bahn des Mondes bildet (wenn man vor der Hand
n kleinen Abweichungen absieht) einen grössten Kreis an der Him-
elskugel, welcher die Ekliptik in zwei Punkten, den Knoten, schneidet.
unserer Figur sehen wir den aufsteigenden Knoten bei $c$, den nieder-
ıigenden bei $d$.

Da die zweite Ungleichheit bei der scheinbaren Mondbewegung ganz
ılt, da letztere uns eben so einfach erscheint, wie die Bewegung der
rschiedenen Planeten von der Sonne aus gesehen, so ist klar, dass der

Mond um die Erde kreist. Die siderische Umlaufszeit des Mondes, d. h. die Zeit, in welcher der Mond einen vollen Umlauf um die Erde vollendet, beträgt 27 Tage $7^h$ 43′ 11,5″.

Der Mond kommt mit der Sonne sowohl in Conjunction als auch in Opposition. Diese beiden Stellungen des Mondes zur Sonne werden mit dem gemeinschaftlichen Namen der Syzygien bezeichnet.

Die synodische Revolution oder die synodische Umlaufszeit des Mondes ist die Zeit, welche zwischen zwei auf einander folgenden Conjunctionen des Mondes und der Sonne verstreicht. Sie ist grösser als die siderische Umlaufszeit; denn während der Mond, von einer Conjunction mit der Sonne ausgehend, einen vollen Umlauf von 360° zurücklegt, ist die Sonne auch weiter nach Osten fortgerückt, der Mond muss also über die 360° hinaus sich noch weiter fortbewegen, um die Sonne wieder einzuholen. Die synodische Revolution des Mondes beträgt 29 Tage $12^h$ 44′ 2,9″.

68 **Phasen des Mondes.** Je nach den verschiedenen Stellungen des Mondes zur Sonne bietet er uns verschiedene Anblicke dar, welche man mit dem Namen der Phasen bezeichnet. Der Mond selbst ist dunkel; alles Licht, welches er uns zusendet, ist reflectirtes Sonnenlicht; der Anblick des Mondes muss sich also ändern, je nachdem er uns mehr die dunkle oder die erleuchtete Seite zuwendet. Befindet sich der Mond mit der Sonne in Conjunction, so ist er uns vollkommen unsichtbar, wenn er nicht gerade unmittelbar vor der Sonnenscheibe steht. Es ist dies der Neumond. Alsbald entfernt sich der Mond nach Osten hin von der Sonne und erscheint uns nun als eine Sichel, Fig. 100, deren Wölbung gegen die Sonne, also gegen Westen gekehrt ist. Anfangs ist die Sichel ganz schmal; sie wird aber allmälig breiter und wenn der Mond in Quadratur ist, so erscheint er uns wie ein leuchtender Halbkreis, Fig. 101. Es ist dies das erste Viertel. Der erleuchtete Theil des Mondes wächst nun immer noch, Fig. 102, bis er uns endlich zur Zeit der Opposition als eine

Fig. 100.

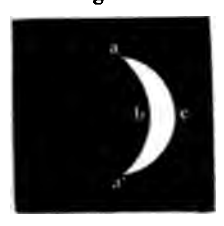


Fig. 101.

Fig. 102.

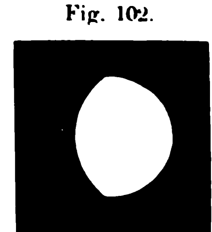
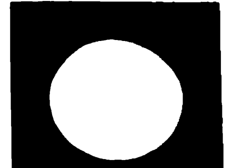


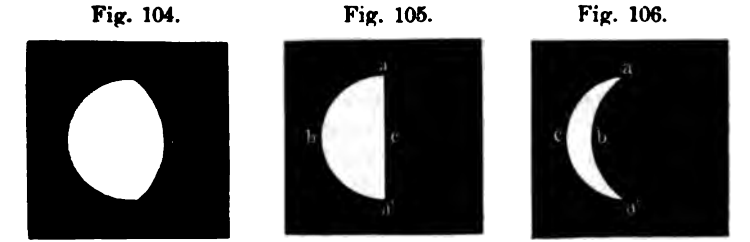
Fig. 103.



volle kreisförmige glänzende Scheibe erscheint, Fig. 103. Es ist dies der Vollmond.

**Bald nach der Opposition nimmt der Mond auf der Westseite ab,** 104, bis er in der zweiten Quadratur wieder nur halb erscheint, jetzt die gewölbte Seite nach Osten kehrend, Fig. 105. Es ist dies

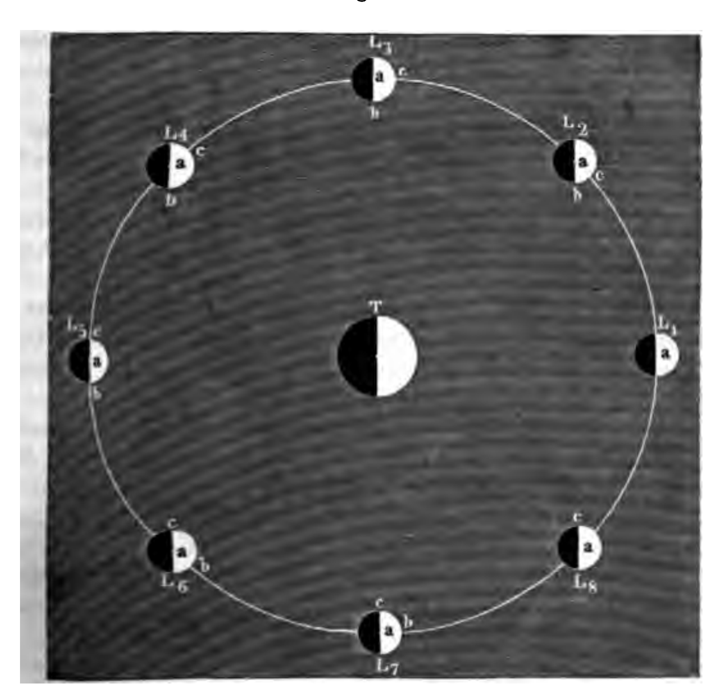
Fig. 104. Fig. 105. Fig. 106.



letzte Viertel. Nun wird die Sichel, ihre Wölbung immer noch h Osten kehrend, wieder schmäler und schmäler, Fig. 106, bis sie lich zur Zeit des Neumondes wieder ganz verschwindet.

Der Zeitraum von einem Neumond bis zum nächsten wird mit dem nen einer Lunation bezeichnet.

Fig. 107.




**Es ist leicht,** die Phasen des Mondes zu erklären. In Fig. 107 sei ie Erde, $L_1$, $L_2$, $L_3$ . . . $L_8$ der Mond in acht verschiedenen Stellunwelche er während eines Umlaufes um die Erde passirt. Nehmen

wir an, die Sonne befände sich auf der rechten Seite unserer Figur und zwar in grosser Entfernung. Wenn der Mond sich in $L_1$, also zwischen der Erde und der Sonne befindet, so wendet er der Erde seine dunkle Seite zu, wir haben Neumond; ist aber der Mond in die Stellung $L_2$ gelangt, so erscheint er uns in der Gestalt Fig. 100, denn in dieser Stellung ist der uns sichtbare Theil der erleuchteten Mondhälfte begränzt durch den Halbkreis $aca'$ ($a$ bezeichnet den Gipfelpunkt des Mondes, $a'$ den tiefsten, welcher in Fig. 107 nicht sichtbar ist, weil er vertical unter $c$ liegt) und durch den Halbkreis $aba'$. Ersterer erscheint uns als voller Halbkreis, die westliche Gränze der Mondscheibe bildend; letzterer aber, die Ostgränze bildend, zur Ellipse verkürzt, welche gleichfalls ihre Wölbung nach Westen kehrt.

Ist der Mond in die Stellung $L_3$ gelangt, so erscheint die westliche Gränze noch immer als ein voller Halbkreis. Der Halbkreis $aba'$ aber, welcher auf der uns zugekehrten Mondhälfte Licht und Schatten scheidet, erscheint uns zur geraden Linie verkürzt; wir sehen also den Mond in der Gestalt Fig. 101.

Wird der Winkelabstand des Mondes von der Sonne noch grösser, kommt er in die Stellung $L_4$, so erscheint uns nun die Gränzlinie $aba'$ wieder elliptisch; aber die Wölbung jetzt nach Osten kehrend, während die westliche Gränze des Mondes noch immer ein voller Halbkreis ist, Fig. 102.

Zur Zeit der Opposition ist uns die ganze erleuchtete Hälfte des Mondes zugekehrt, er erscheint uns also als eine volle kreisförmige helle Scheibe.

Nach diesen Auseinandersetzungen hat es wohl keine Schwierigkeit mehr, die Mondgestalten Fig. 105, 106, 107 aus den Stellungen bei $L_6$, $L_7$ und $L_8$ abzuleiten.

Wegen der so schnellen eigenen Bewegung des Mondes ändert sich auch die Zeit seines Auf- und Unterganges sehr rasch; an jedem folgenden Tage geht der Mond fast eine Stunde später auf als am vorhergehenden.

Die Stunden des Auf- und Unterganges des Mondes stehen mit seinen Phasen in engster Beziehung. Zur Zeit des Neumondes gehen Mond und Sonne zusammen auf und unter; der Mond ist also während des Tages — über, während der Nacht — unter dem Horizont, die Nächte sind zur Zeit des Neumondes nicht durch Mondschein erhellt.

Zur Zeit des Vollmondes dagegen findet der Aufgang des Mondes ungefähr zur Zeit des Sonnenunterganges Statt; der Vollmond leuchtet uns also die ganze Nacht hindurch.

Zur Zeit des ersten Viertels culminirt der Mond ungefähr, wenn die Sonne untergeht, der Untergang des Mondes findet alsdann um Mitternacht Statt; das erste Viertel glänzt also am westlichen Himmel in der ersten Hälfte der Nacht.

Zur Zeit des letzten Viertels findet der Aufgang des Mondes um

itternacht Statt, das letzte Viertel erhellt also die letzte Hälfte der acht.

Wenn der Mond der Conjunction sehr nahe ist, wenn er uns also nur als eine ganz schmale Sichel erscheint, so ist der Rest der Mondscheibe nicht völlig dunkel, sondern man sieht ihn durch einen schwachen aschfarbigen Schimmer erhellt, wie Fig. 108 andeutet.

Fig. 108.



Es ist dies nicht etwa ein dem Monde eigenthümliches Licht, sondern es rührt daher, dass zur Zeit des Neumondes die ganze von der Sonne erleuchtete Erdhälfte gerade dem Monde zugekehrt ist. Die Mondnacht ist zu dieser Zeit durch den vollen Erdschein erleuchtet.

**Gestalt der Mondsbahn.** Der scheinbare Durchmesser des Mondes variirt zwischen 29′ und 34′, die Entfernung des Mondes von der Erde ist also veränderlich und ebenso ist auch die Winkelgeschwindigkeit des Mondes in seiner scheinbaren Bahn nicht gleichförmig. Unter genauer Berücksichtigung aller dieser Umstände ergiebt sich, dass die Bahn des Mondes in Beziehung auf die Erde eine Ellipse ist; die Excentricität der Mondsbahn beträgt ungefähr $^1/_{18}$ der halben grossen Axe. 69

Die Ebene der Mondsbahn macht im Mittel einen Winkel von 5° 9′ mit der Ekliptik.

Die Bewegung des Mondes um die Erde, welche nach dem Gesagten ziemlich einfach erscheint, ist aber in der That sehr verwickelt, weil die Elemente der Mondsbahn sich sehr rasch ändern.

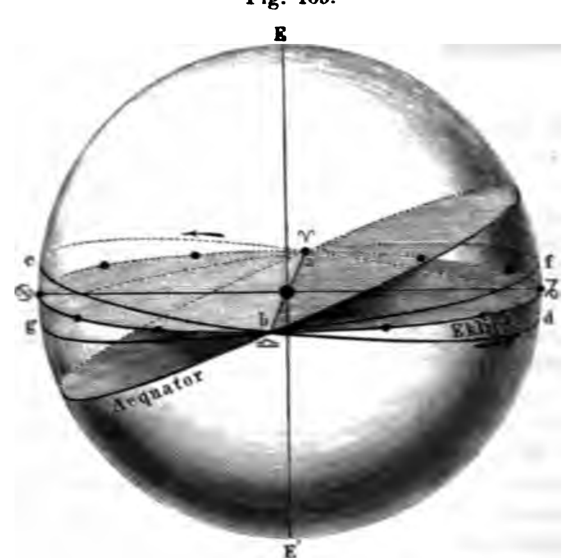
Die auffallendste Veränderung in den Elementen der Mondsbahn ist zunächst die rasche Verschiebung der Knoten. Die Bewegung der Knotenlinie ist rückläufig und vollendet ihren ganzen Umlauf ungefähr in 18 Jahren 219 Tagen; die Ebene der Mondsbahn dreht sich also gegen die Ordnung der Zeichen in einem Jahre etwas über 19°. So war die Länge des aufsteigenden Knotens im Januar 1855 ungefähr 49° (s. Fig. 3, Tab. 7). Bis zum Januar 1856 rückte der aufsteigende Knoten ungefähr um 19° dem Frühlingspunkte näher, so dass um diese Zeit seine Länge ungefähr nur noch 30° betrug. Ungefähr in der Mitte des Jahres 1857 erreichte der aufsteigende Knoten der Mondsbahn den Frühlingspunkt; der niedersteigende Knoten fiel damals mit 0 ♎ zusammen.

Zu einer Zeit, in welcher der aufsteigende Knoten der Mondsbahn, wie dies im Jahre 1857 der Fall war, wie es gegen Ende 1875 wieder der Fall sein wird und wie es in Fig. 2, Tab. 8 dargestellt ist, mit 0 ♈, der absteigende aber mit 0 ♎ zusammenfällt, erreicht sowohl die nördliche als auch die südliche Declination ein Maximum; denn der Winkel, welchen die Mondsbahn mit dem Himmelsäquator macht, ist in diesem

Fall gleich dem Winkel, welchen die Mondsbahn mit der Ekliptik ı + dem Winkel zwischen Ekliptik und Aequator, also 23° 28′ + = 28° 37′. Die Mondsbahn geht alsdann von 0 ♈ (siehe die Stern Tab. IV.) über die Plejaden dicht unter β tauri und β geminoru bei durch den Herbstpunkt und über α virginis und α scorpi Frühlingspunkt zurück.

Die Neigung der Mondsbahn gegen den Himmelsäquator wi Minimum, nämlich 23° 28′ — 5° 9′ = 18° 19′, wenn der niederste Knoten mit dem Frühlingspunkte zusammentrifft. Der Mond tri dann (Fig. 1, Tab. 8) in 0 ♈ auf die Südseite der Ekliptik, und

Fig. 109.




scheinbare Bahn geht nun ungefähr über Aldebaran etwas nörd γ geminorum vorbei nach 0 ♎ über γ librae und dann zwische β Capricorni hindurch.

Es war dies zuletzt $9\frac{1}{4}$ Jahr vor der eben besprochenen auf welche sich Fig. 2, Tab. 8 bezieht, also im Herbst 1866 der

Zur Erläuterung der eben besprochenen Verhältnisse di Fig. 109, welche die Himmelskugel sammt dem Aequator und d tik darstellt. Diese beiden Ebenen sind der Deutlichkeit wegen *acbd* ist die auf die Himmelskugel projicirte Mondsbahn zu ei in welcher, der Fig. 2, Tab. 8 entsprechend, der aufsteigende der Mondsbahn mit dem Frühlingspunkte zusammenfällt; der welchen die Ebene der Mondsbahn mit dem Aequator macht, ist 28° 37′.

In dieser Stellung bleibt aber die Mondsbahn nicht stehen; sie be- sich so, als ob sie bei unveränderter Neigung gegen die Ekliptik die Axe $EE'$ derselben gegen die Ordnung der Zeichen gedreht le, so dass der aufsteigende Knoten allmälig von ♈ nach ♑ und weiter von ♑ nach ♎ rückt. Ist der aufsteigende Knoten in 0 ♎, in *b* angelangt, so hat nun die Ebene der Mondsbahn die Lage *f*, sie macht zu dieser Zeit nur noch einen Winkel von 18° 19′ mit Aequator.

Hier mag noch die Bemerkung Platz finden, dass der Mond den lichen Wendepunkt seiner Bahn im Sommer um die Zeit des Neu- les, im Winter zur Zeit des Vollmondes passirt. Der Vollmond bleibt in den Wintermonaten weit länger über dem Horizont als in den nermonaten.

Die Absidenlinie (die grosse Axe) der Mondsbahn ändert ihre gleichfalls sehr rasch. Das Perigäum schreitet rechtläufig lem Jahre fast um 41° voran, so dass es in 8 Jahren 310 Tagen unden einen vollständigen Umlauf um den ganzen Himmel herum t.

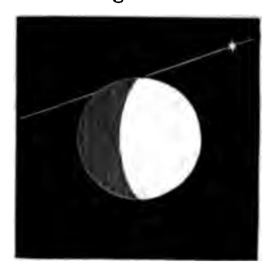
Ferner ist die Excentricität und die Neigung der Mondsbahn gegen kliptik innerhalb gewisser Gränzen veränderlich. Diese und noch he andere Unregelmässigkeiten des Mondlaufes, auf die wir zum zurückkommen, wenn von den physikalischen Ursachen derselben ede sein wird, machen, dass die genaue Berechnung der Mondsörter äusserst verwickelte ist.

**Sternbedeckungen.** Wenn der Mond zwischen der Erde und 70 Fixsterne oder einem Planeten hindurchgeht, so sagt man, dass Mond dieselben bedecke. Solche Sternbedeckungen kommen ziem- häufig vor.

Fig. 110.



Fig. 111.



Da der Mond unter den Fixsternen in der Richtung von West nach fortschreitet, so ist klar, dass die Sterne auf seiner Ostseite ver- inden und auf der Westseite wieder zum Vorschein kommen.

Fig. 110 und Fig. 111 stellen zwei Bedeckungen von α scorpii dar, die zu Berlin erschienen sind. Die erste fand am 26. März 1856

Statt. Der Stern trat um 16h 39.2' am östlichen Rande des Mondes ein und um 17h 58.6' auf der Westseite wieder aus, die Bedeckung dauerte also 1 Stunde 19.4 Minuten. Bei der in Fig. 111 dargestellten Bedeckung, welche am 10. August 1856 stattfand, war die Zeit des Eintritts 5h 38.3', die Zeit des Austritts 6h 9.7' Berliner Zeit.

Das Verschwinden und das Wiedererscheinen der Sterne erfolgt plötzlich; besonders scharf lassen sich die Eintritte beobachten, wenn sie am dunklen Rande stattfinden, wie in dem Fig. 111 abgebildeten Falle.

Von den Sternen erster Grösse können vier bedeckt werden, nämlich Aldebaran, Regulus, Spica und Antares. Ein besonders interessantes Schauspiel bietet die Bedeckung der Plejaden dar.

Die Bedeckungen von Antares finden Statt, wenn die Neigung der Mondbahn gegen den Aequator sehr klein ist, wenn also ihr aufsteigender Knoten sich in der Nähe von [illegible] befindet, wie in Fig. 1, Tab. 8; dagegen werden die Plejaden bedeckt, wenn der Winkel, welchen die Ebene der Mondbahn mit dem Aequator macht, seinem grössten Werth nahe ist, wenn also der aufsteigende Knoten in der Nähe des Frühlingspunktes liegt, Fig. 2, Tab. 8, wie dies z. B. im Jahre 1857 der Fall war.

Es ist bereits oben in §. 19 S. [illegible] angeführt worden, dass die Sternbedeckungen ein ausgezeichnetes Mittel zur Längenbestimmung sind; aus diesem Grunde werden für alle Hauptsternwarten die Bedeckungen (Occultationen) der Fixsterne erster bis sechster Grösse auf mehrere Jahre vorausberechnet. In den Ephemeriden findet man den Moment des Eintritts und den Moment des Austritts der Fixsterne oder Planeten nach der Zeit der entsprechenden Sternwarte ausgedrückt.

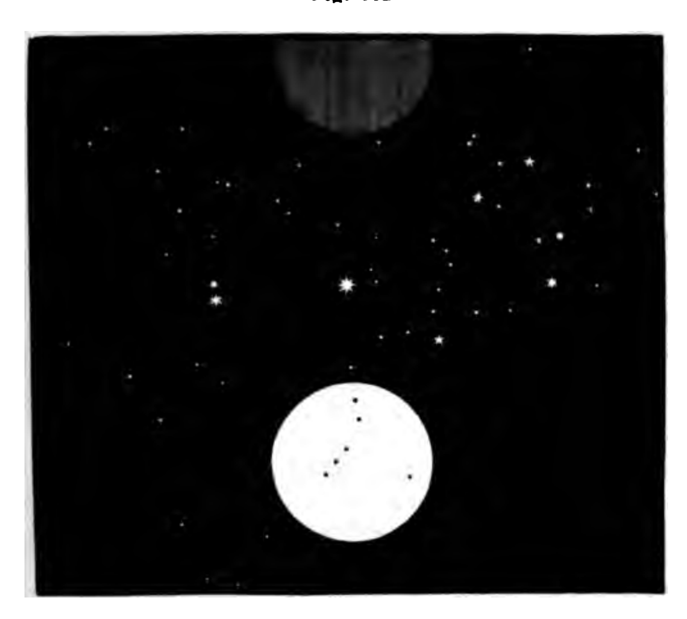
71 **Parallaxe, Entfernung und Grösse des Mondes.** Der Mond steht der Erde so nahe, dass er, gleichzeitig von verschiedenen Orten der Erdoberfläche aus betrachtet, an verschiedenen Stellen des Himmelsgewölbes projicirt erscheint; wenn in Berlin ein Stern eben den nördlichen Mondrand berührt, so wird der Mond, vom Cap der guten Hoffnung aus betrachtet, noch ziemlich weit von jenem Sterne gesehen werden, und zwar wird der Abstand des Sternes vom südlichen Mondrande noch ungefähr [illegible] betragen. Wenn der Mond von Berlin aus gesehen an der Stelle der Plejadengruppe erscheint, welche in Fig. 112 durch den ganz weissen Kreis bezeichnet ist, so sieht man ihn gleichzeitig vom Cap der guten Hoffnung aus an der Stelle des schraffirten Kreises.

Es geht daraus hervor, dass die Mondparallaxe sehr bedeutend ist, und daher konnte es auch nicht fehlen, dass sie schon sehr früh annähernd genau war bestimmt worden. Schon Hipparch bestimmte sie zu 47,5 bis 53,5 Minuten, während ihr mittlerer Werth in der That nahezu 58 Minuten beträgt.

Am einfachsten und genauesten erhält man die Mondparallaxe dadurch, dass zwei Beobachter an zwei möglichst weit von einander ent-

en Orten, welche nahezu auf demselben Meridian liegen, an demn Tage die Zenithdistanz des Mondes zur Zeit der Culmination benen.

Fig. 112

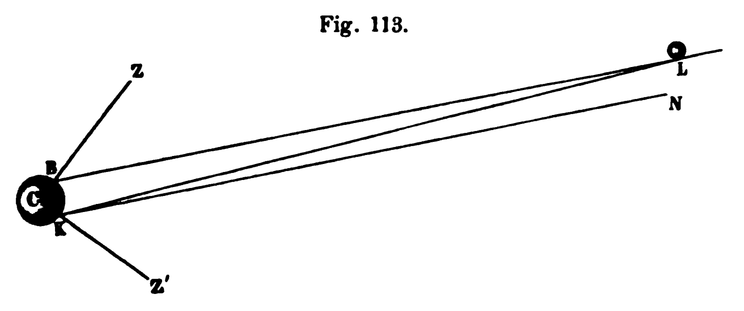


So fand z. B. den 6. December 1751 Lalande in Berlin die Zenithnz des südlichen Mondrandes beim Durchgang durch den Meridian h 41° 15′ 44″, während auf dem Cap der guten Hoffnung an demn Tage Lacaille bei der Culmination des Mondes die Zenithdistanz südlichen Mondrandes gleich 46° 33′ 37″ fand.

Die Polhöhe von Berlin ist 52° 31′ 13″ nördl.

Die Polhöhe des Caps ist 33° 55′ 15″ südl.

Fig. 113.




In Fig. 113 sei $C$ der Mittelpunkt der Erde, $B$ Berlin, $K$ das Cap guten Hoffnung, $L$ der südliche Mondrand. $ZBL$ ist die zu Berlin

und $Z'KL$ ist die auf dem Cap beobachtete Zenithdistanz des süd
Mondrandes. — Wäre der Mond unendlich weit entfernt, so wär
nach ihm von $B$ und $K$ aus gerichteten Visirlinien $BL$ und $K$
ander parallel und die Summe der Zenithdistanzen $ZBL$ und
müsste gleich sein dem Winkel $BCK$, also $86^{\circ}\,26'\,28''$. Die S
der beobachteten Zenithdistanzen ist aber $87^{\circ}\,49'\,21''$, mithin i
Winkel $NKL$, also auch Winkel $BLK = 1^{\circ}\,22'\,53''$, oder mit a
Worten, die Sehne $BK$ erscheint, vom Mond aus gesehen, unte
Winkel von $1^{\circ}\,22'\,53''$. Danach ergiebt sich dann die Horizontalp
des Mondes, d. h. der Winkel, unter welchem, vom Mond aus
der Halbmesser der Erde erscheint, wenn man bei der Berechn
nöthigen Correctionen anbringt, gleich $0^{\circ}\,58'\,44{,}2''$.

Da die Entfernung des Mondes von der Erde variirt, so ist
Horizontalparallaxe des Mondes veränderlich: der mittlere We
selben ist $0^{\circ}\,57'\,19{,}9''$, und demnach ist die mittlere Entf
des Mittelpunktes des Mondes vom Mittelpunkte der
gleich 59,94643 Halbmessern des Erdäquators oder 51
graphischen Meilen.

Da nun die Entfernung des Mondes von der Erde und der
bare Durchmesser bekannt ist, unter welchem er uns erscheint,
man auch den wahren Durchmesser desselben berechnen, welc
gleich 0,2742 Erddurchmessern oder gleich 472 geographischen
ergiebt.

Fig. 114



Der Durchmesser des Mo
also ungefähr $^3/_{11}$, die Ob
desselben [illegible] und das Volum
selben $^2/_{[illegible]}$ von den entspre
Grössen der Erde.

Fig. 114 dient dazu,
Grössenverhältniss der Erde
Mondes anschaulich zu mach

Fig. 115 stellt die Er
Mond und ihre gegenseitige
nung im richtigen Verhältni

## Bahn des Mondes im Sonnensystem.

Wir haben
Bewegung des Mondes nur in Beziehung auf die Erde betrach
aber die Erde selbst eine fortschreitende Bewegung hat, da sie
Sonne kreist, so ist die Bahn des Mondes im Raume oder viel
Beziehung auf die Sonne [illegible] Die Mond
zeigt aber keine Verschlingungen, wie wir sie [illegible] kennen lernt
der Halbmesser des Deferenten [illegible] im Vergleich zum
des Epicykels, und weil die Geschwindigkeit des Mondes im
sehr gering ist gegen die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bah
Charakter der Mondsbahn ist aus Fig. 116 zu ersehen, der

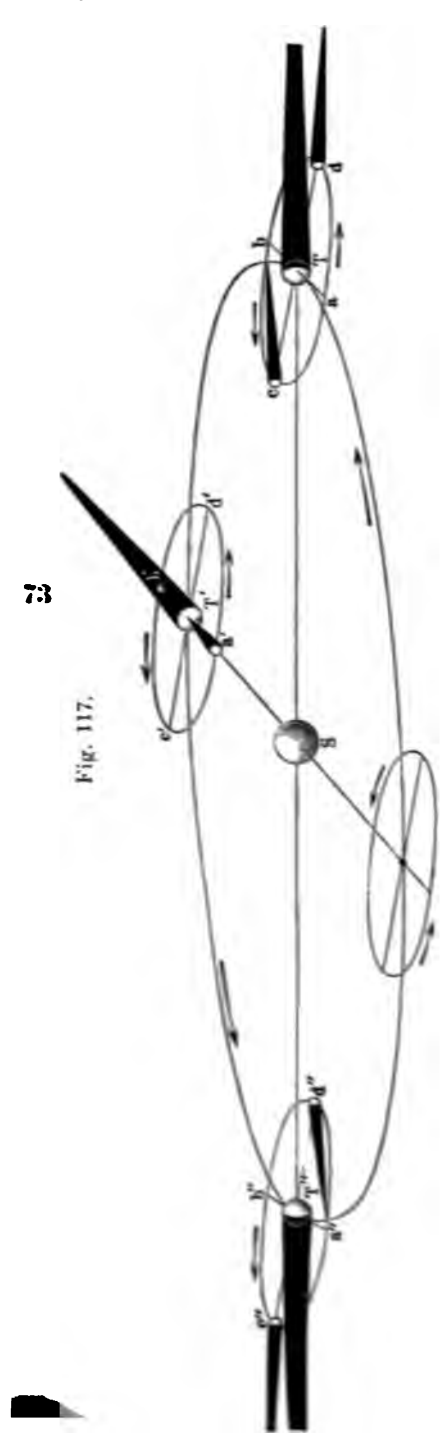
nach §. 48 wohl leicht verständlich sein wird; doch ist hier emerken, dass diese Figur die Mondcycloide noch keineswegs en Verhältniss zeigt, vielmehr ist der Abstand des Mondes von der Erde in dieser Figur noch viel zu gross genommen im Vergleich zum Halbmesser der Erdbahn. Sollte in der Zeichnung das richtige Verhältniss eingehalten werden, so müsste der Radius des Epicykels $^1/_{400}$ vom Radius des Deferenten, es müsste $TL$, $T_1 L_1$ u. s. w. $^1/_{400}$ des Halbmessers sein, mit welchem der Bogen $T T_4$ gezogen ist; die Mondcycloide ist also in der That viel flacher als die in unserer Figur dargestellte Curve.

Fig. 116.



Die Geschwindigkeit, mit welcher der Mond in seiner Bahn um die Erde fortschreitet, ist ungefähr 30 mal geringer, als die Geschwindigkeit der Erde auf ihrem Wege um die Sonne.

In Fig. 116 ist die Bahn des Mondes im Sonnensystem so dargestellt, als ob sie ganz mit der Ebene der Erdbahn zusammenfiele oder vielmehr ist in Fig. 116 die Projection der Mondsbahn auf die Ebene der Ekliptik dargestellt. Um eine richtige Vorstellung von der wahren Lage der Mondsbahn im Raume zu geben, muss man dieselbe, wenn man nicht zu einem Modell seine Zuflucht nehmen will, perspectivisch darstellen, wie dies (natürlich ohne Einhaltung der richtigen Grössenverhältnisse) in Fig. 117 (a. f. S.) geschehen ist. $S$ stellt die Sonne dar, um welche die Erde in einem Kreise sich bewegt, welcher in unserer Figur zu einer Ellipse $T T' T''$ verkürzt erscheint. Für den Moment, in welchem sich die Erde in $T$ befindet, sei $adbc$ die Lage der n, welche die Ebene der Erdbahn in der Linie $ab$ schneidet. o die Knotenlinie der Mondsbahn, deren eine Hälfte $bca$ Ebene der Erdbahn liegt, während die andere Hälfte $adb$ sich idseite der Erdbahn befindet. Der Winkel $cTS$, welchen die Mondsbahn mit der Ebene der Erdbahn macht, beträgt 5° 9′; unserer Figur der Deutlichkeit halber zu gross aufgetragen, e der Durchmesser der Mondsbahn im Verhältniss zu dem der


Fig. 117.

Erdbahn viel zu gross gez ist. Ebenso ist in unserer der Durchmesser der Sonn Erde und des Mondes im V niss zum Abstand $TS$ der E der Sonne zu gross dargestel

Es ist also $adbc$ der epicy Kreis, dessen Umfang der M 27 Tagen $7^h$ und 43′ dur während die im Mittelpunkt Bahn stehende Erde im Def $T T' T''$ fortrollt. Wenn di nach $T'$ gekommen ist, so h (wenn man von der Bewegu Knotenlinie abstrahirt) der klische Kreis die Lage $a'd'$ hat die Lage $a'' d'' b'' c''$ w Erde nach $T''$ gekommen ist

73

**Mondfinsternisse.** I Erde ein dunkler undurchs Körper ist, so muss sie einen S geben, welcher, da die Erde ist, als die Sonne, die Gesta Kegels $a b d$, Fig. 118, hat, kreisförmige Basis durch d fang der Erde gebildet ist. In Raum $a b d$ dringt gar kein S strahl, es ist der Kernsch Dieser Kernschatten ist rings einem Halbschatten umgebe cher diejenigen Stellen umf welchen nur ein Theil der S scheibe sichtbar ist, an welch weder vollkommener Aussch Sonnenstrahlen, noch eine v leuchtung stattfindet.

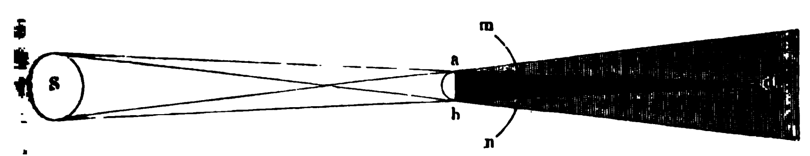
Die Länge des Kernschat trägt ungefähr 216 Erdhalb sie wird grösser, wenn die E Aphelium, kleiner, wenn sie helium sich befindet.

Durch diesen Schatten g der Mond von Zeit zu Zeit h und erscheint uns dann

stert. Solche Mondfinsternisse können natürlich nur stattfinden, wenn ☽ ☍ ⊙, also zur Zeit des Vollmondes.

Dass aber nicht bei jedem Vollmond eine Mondfinsterniss eintritt, ist leicht einzusehen. Der Mond ist 60 Erdhalbmesser von der Erde entfernt; in dieser Entfernung aber ist der Durchmesser des Kernschattens gleich 0,72 Erddurchmessern oder gleich 2,9 Monddurchmessern. Von der Erde aus gesehen, erscheint also der Halbmesser des Kernschattens an jener Stelle unter einem Winkel von ungefähr 44 Minuten.

Fig. 118.




Der Mittelpunkt des Erdschattens befindet sich natürlich stets auf der Ekliptik, und zwar der Sonne diametral gegenüberstehend. Wenn sich also der Mondrand zur Zeit des Vollmondes der Ekliptik wenigstens bis auf 44 Minuten genähert hat, so tritt er in den Erdschatten ein; wenn aber, wie dies meistens und auch in Fig. 3, Tab. 7 dargestellten Stück der Mondsbahn der Fall ist, zur Zeit der Opposition (also des Vollmondes) der Mond weiter von der Ekliptik entfernt ist, so geht er entweder über oder unter dem Erdschatten vorüber, und es findet alsdann keine Mondfinsterniss Statt.

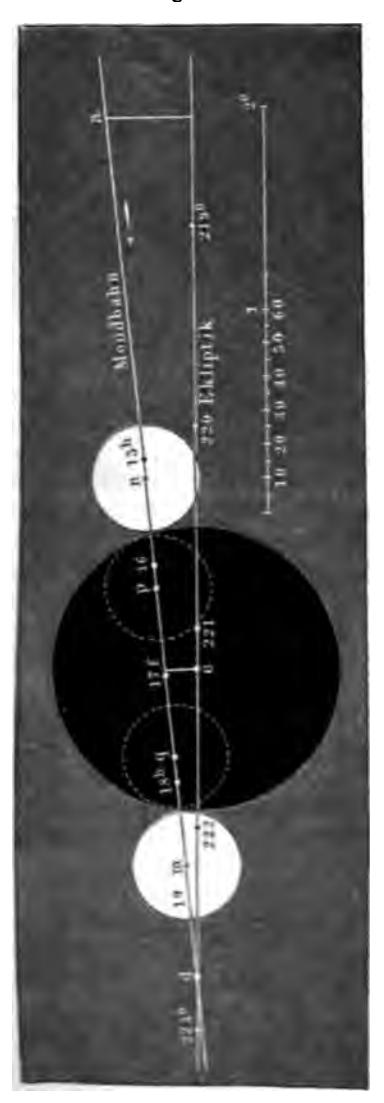
Eine Mondfinsterniss kann also nur dann stattfinden, wenn sich der Mond zur Zeit seiner Opposition mit der Sonne in der Nähe des aufsteigenden oder niedersteigenden Knotens seiner Bahn befindet, wenn also zur Zeit des Vollmondes die Knotenlinie der Mondsbahn nahezu mit der Verbindungslinie zwischen Sonne und Erde zusammenfällt, wie dies bei $T'$ Fig. 117 der Fall ist. Passirt der Mond den aufsteigenden Knoten $b'$, während gleichzeitig die Knotenlinie $a'\,b'$ mit $T''\,S$ zusammenfällt, so geht der Mond durch den Erdschatten, es findet eine Mondfinsterniss Statt.

Ebenso wird eine Mondfinsterniss stattfinden, wenn der Mond zur Zeit der Opposition den niedersteigenden Knoten passirt, während die Knotenlinie der Mondsbahn in einer geraden Linie mit der Verbindungslinie zwischen Erde und Sonne liegt.

Es findet dagegen keine Mondfinsterniss Statt, wenn zur Zeit, in welcher der Mond mit der Sonne in Opposition kommt, die Knotenlinie seiner Bahn bedeutend von der Verbindungslinie zwischen Sonne und Erde abweicht. Der Vollmond geht namentlich, wie bei $d$ und $c''$, unter oder über dem Erdschatten her, wenn die Knotenlinie $a\,b$ bei $T$ oder $a''\,b''$ bei $T'''$ rechtwinklig auf der Verbindungslinie zwischen Erde und Sonne steht.

Das Wesen der Mondfinsternisse wird wohl am besten durcl Betrachtung einzelner Fälle erläutert.

Fig. 119.




Zur Construction des Verlau Mondfinsterniss, welche sicl 1. Mai 1855 ereignete, findet im Berliner astronomischen buche folgende Data:

die Breite ☾ am 1. Mai 18 $12^h$ gleich $+ 0^\circ 24' 21''$

die Breite ☾ am 1. Mai 18 $24^h$ gleich $- 0^\circ 12' 19''$

Aus diesen Angaben läss leicht berechnen, dass der punkt des Mondes die Eklipt 1. Mai $19^h\ 58'$ oder nach b licher Zeit am 2. Mai Morg $58'$ passirte.

Es war die Länge ☾ am 1855 $12^h = 218^\circ\ 27'$ 7 ferner war die Länge ☾ am 1855 $24^h = 225^\circ\ 4'$ 2( Daraus berechnet man dann die Länge des Mondmittelp um $19^h\ 58'$ gleich $222^\circ$ 4: es ist dies die Länge des n steigenden Mondknoten

Die horizontale Linie in F stellt ein Stück der Eklipti zwar ungefähr vom 218. b Längengrade dar. Jeder G einen Pariser Zoll lang aufg eine Länge von einer Parise stellt also 5 Bogenminuten da der Knotenpunkt, dessen La ermittelt wurde, und *a* ist de an welchem nach obigen A der Mittelpunkt des Mon 1. Mai um $12^h$ stand: *da* ein Stück der Mondsbahn.

Der Moment des Vollmond der Augenblick, in welch Länge des Mondes gerade um $180^\circ$ von der Länge der Sonne d war dem astronomischen Jahrbuche zufolge um $16^h\ 56{,}7'$. Mal leicht, dass in diesem Moment der Mittelpunkt des Mondes in Punkte *f* stand, dessen Länge $221^\circ\ 11'$ war.

Dies ist aber auch die Länge des Punktes $c$, welchen in demselben ent der Mittelpunkt des Erdschattens einnahm. In unserer Figur ieser Erdschatten als ein vollkommen schwarzer Kreis dargestellt, n Radius beinahe 9 Pariser Linien ist, da ja der Halbmesser des chattens an der fraglichen Stelle 44′ beträgt und eine Winkelgrösse 5′ in unserer Figur als eine Pariser Linie aufgetragen ist.

Es ist hier für den Halbmesser des Erdschattens an der fraglichen der Mittelwerth von 44′ genommen worden. Wenn die Construc- ganz genaue Resultate geben sollte, so dürfte man sich mit diesem lwerthe nicht begnügen, sondern man müsste ihn aus der Ent- ng, in welcher sich zur Zeit der Finsterniss Sonne und Mond gerade len, erst berechnen. Die Elemente zu einer solchen Berechnung n sich in den astronomischen Jahrbüchern.

Der Erdschatten steht aber nicht still, er schreitet in einer Stunde ′ 25″ von West nach Ost, also in unserer Figur von der Rechten inken fort. In einer Stunde bewegt sich aber der Mond in gleicher ung um 33′ 4″ vorwärts; wir können also, da es sich nur um die ve Bewegung des Mondes und des Erdschattens handelt, annehmen, der Erdschatten stillstände und dass der Mond in einer Stunde nur 0′ 39″ nach Osten hin fortschritte.

In $f$ stand der Mittelpunkt des Mondes um $16^h$ 57′, um 17 Uhr er also noch um 1,5 Bogenminuten östlicher, also in dem mit 17 hneten Punkte. Misst man nun auf der Mondsbahn von dem te 17 aus die Länge von 30,65′ nach beiden Seiten hin ab, so findet die mit 15, 16, 18 und 19 bezeichneten Punkte, in welchen sich Iondmittelpunkt um 15, 16, 18 und 19 Uhr befand, wenn wir nur relative Bewegung zum Erdschatten betrachten.

Der scheinbare Halbmesser des Mondes zur Zeit dieser Finsterniss 15,5′, und mit diesem Halbmesser sind die Kreise um die Punkte $q$ und $m$ gezogen.

Die Punkte $m$ und $n$ stehen von $c$ um die Summe der Halbmesser Erdschattens und des Mondes ab, folglich wird ein mit dem Radius um $n$ oder $m$ gezogener Kreis den Erdschatten gerade berühren. der Mittelpunkt des Mondes in $n$ stand, begann also der Mond in den Kernschatten der Erde einzutreten. Wie man aus der Fi- 119 leicht ersehen kann, erfolgte dieser Eintritt ungefähr um $15^h$ 8′, er Abstand von $n$ bis zu dem mit $15^h$ bezeichneten Punkte einem ntervall von 8 Minuten entspricht.

Der Mond trat eben aus dem Erdschatten vollständig aus, die Fin- iss war zu Ende, als der Mittelpunkt des Mondes in $m$ anlangte, um $18^h$ 49′ der Fall war.

Die Punkte $p$ und $q$ sind von $c$ um die Differenz des Halbmessers Erdschattens und des Mondes entfernt; wenn also der Mittelpunkt Mondes in $p$ oder in $q$ steht, so wird der Mondrand die Gränze des schattens gerade von innen berühren. In dem Augenblicke also, in

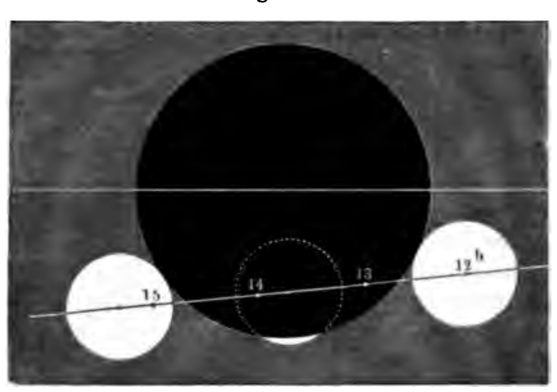
welchem der Mittelpunkt des Mondes in $p$ anlangte, war der Mond v
ständig in den Erdschatten eingetreten; es war dies der Anfang
totalen Finsterniss, welcher um $16^h$ 10′ stattfand, da 10 Min
nöthig waren, damit der Mond von dem mit 16 bezeichneten Pu
nach $p$ gelangte.

Die totale Finsterniss erreichte ihr Ende, als der Mittelpunkt
Mondes in $q$ anlangte, um $17^h$ 47′.

Da der Mond an jenem Tage für Berlin bereits um $16^h$ 32′ u
ging, so konnte man daselbst, sowie in ganz Europa, nur den An
nicht das Ende jener Finsterniss sehen.

Wenn der Mond in dem Moment der Opposition noch weiter
seinem auf- oder niedersteigenden Knoten entfernt ist, als in dem
betrachteten Falle, so kann die Mondscheibe nicht mehr vollständi
den Erdschatten eintreten, die Finsterniss ist dann nur eine part

Fig. 120.




Die Figuren 120 und 121 stellen den Verlauf der partialen Mondfin
nisse vom 13. November 1845 und vom 31. März 1847 dar.

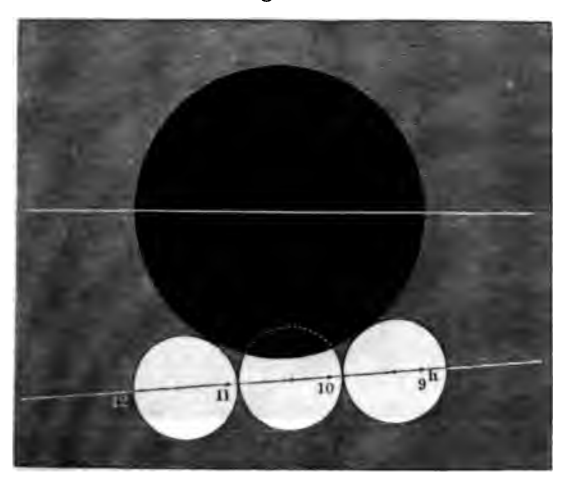
Um die Grösse einer Mondfinsterniss zu bestimmen, d. h. um a
geben, der wievielste Theil der Mondscheibe verfinstert ist, denkt
sich den Durchmesser des Mondes, dessen Verlängerung durch den Mi
punkt des Erdschattens geht, in 12 gleiche Theile getheilt, welche
Zolle nennt, und giebt dann an, wie viele dieser Zolle verfinstert
So betrug das Maximum der Verfinsterung am 13. November 1845
schen 10 und 11 Zoll, am 31. März 1847 nur etwas über 3 Zoll.

Die Gränze des Erdschattens erscheint auf dem Monde stets
Kreisbogen; er ist aber nie vollkommen scharf begränzt, weil eben
Uebergang aus dem Kernschatten in den Halbschatten ein allmälige
Anfangs, wenn eben der Mond in den Erdschatten einzutreten
ginnt, erscheint der verfinsterte Theil des Mondes von grauer Farbe
alle Flecken verschwinden. Wenn sich aber der Mond mehr und

ı Erdschatten einsenkt, geht dieses Grau in Roth über und dabei
n die Flecken wieder sichtbar, so dass, wenn die totale Finsterniss
;reten ist, nun die ganze Mondscheibe eine eigenthümlich dunkel-
Färbung zeigt, in welcher sich Einzelheiten auf der Mondoberfläche



Fig. 121.




r unterscheiden lassen. In sehr ausgezeichneter Weise war diese
Färbung der verfinsterten Mondscheibe auch bei der nicht ganz
n Mondfinsterniss vom 13. October 1856 wahrnehmbar. Fig. 1 auf
XI a. ist eine möglichst treue Darstellung jener interessanten Er-
ıung.

Das rothe Licht des Mondes während einer totalen oder nahe to-
Verfinsterung rührt offenbar von dem zerstreuten Lichte her, wel-
lie erleuchtete Erdatmosphäre noch in den Erdschatten hineinsendet.

**Die nächsten Mondfinsternisse.** Im Jahre 1871 werden 74
Mondfinsternisse stattfinden, von denen jedoch nur die partielle
lfinsterniss vom 6. Januar in Deutschland sichtbar sein wird,
:war ist für Berlin

| | |
|---|---|
| der Anfang der Finsterniss . . . . | $8^h$ 40′ |
| die Mitte „ „ . . . . | $10^h$ 10′ |
| das Ende „ „ . . . . | $11^h$ 40′ |

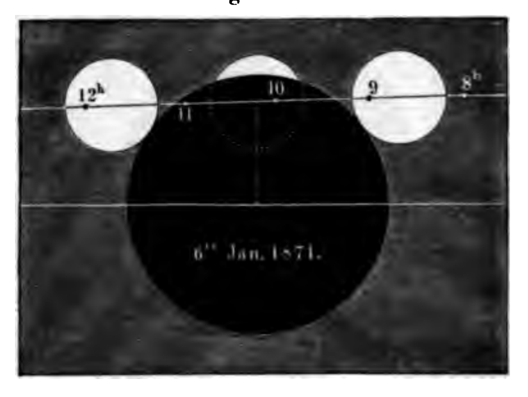
irösse der Finsterniss beträgt 8,3 Zoll. Die wichtigsten Elemente
· Finsterniss sind nach dem Berliner astronomischen Jahrbuch:

| | |
|---|---|
| ☾ ☍ ☉ Jan. 6 . . . . . | $10^h$ $8^m$ $31^s$ |
| ☾ Decl. . . . . . . . . . | 23° 2,5′ nördlich |
| ☉ decl. . . . . . . . . . | 22° 28,5′ südlich |
| ☾ ständl. Bew. in AR . . . | 33,75′ |

| | | |
|---|---|---|
| ☉ stündl. Bew. in AR . . . | | 2,75′ |
| ☾ stündl. Bew. in decl. . . . . . . . . | | 53″ |
| ☉ stündl. Bew. in decl. . . . . . . . | | + 18″ |

Nach diesen Daten ist der Verlauf dieser Finsterniss in Fig. 122 struirt und zwar ist für je 5 Bogenminuten eine Länge von 2 Mil aufgetragen.

Fig. 122.




Im Jahre 1872 finden ebenfalls zwei Mondfinsternisse statt, w beide bei uns sichtbar sein werden, beide aber sind unbedeutend, der Mond wird kaum in den Erdschatten eintauchen. Die erste f Statt am 22. Mai. Sie beginnt um $11^h$ 34′ Berliner Zeit und ende $12^h$ 49′. Nur 0,116 des Monddurchmessers wird in den Erdsch eintauchen (die Verfinsterung beträgt also nicht ganz $1^1/_2$ Zoll) und geht der Mittelpunkt des Mondes nördlich von dem Erdschatten vor

Die zweite Mondfinsterniss des Jahres 1872 findet am 14. No ber Statt, sie beginnt um $17^h$ 55′ Berliner Zeit und endet schon $18^h$ 30′ (Anfang 15. November Morgens $5^h$ 55′, Ende $6^h$ 30′ Morg Beim Maximum der Verfinsterung ist nur 0,023 des Monddurchme in das Südende des Erdschattens eingetaucht.

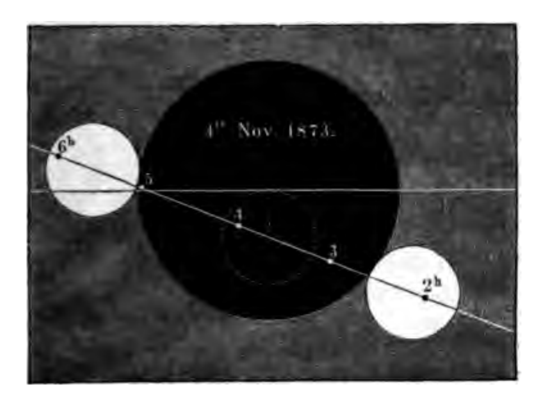
Die erste totale Mondfinsterniss des Jahres 1873 (12. Mai) is uns nicht sichtbar (die Mitte der Finsterniss findet ungefähr zur unseres Mittags Statt. Die zweite gleichfalls totale Mondfinsternis Jahres 1873 beginnt am 4. November um 3 Uhr Nachmittags und um 6 Uhr 49′ Abends. Der Mond geht für Deutschland verfinster

Die Elemente dieser Finsterniss sind nach dem Nautical Alman

| | | | |
|---|---|---|---|
| ☾ ☍ ☉ am 4. Nov. . . . . | | $3^h$ $39^m$ $41^s$ | Greenw. |
| ☾ decl. . . . . . . . . . . | N | 15° 17,1′ | |
| ☉ decl. . . . . . . . . . . | S | 15° 32,8′ | |
| ☾ stündl. Bew. in AR . . . . | | 34,7′ | |
| ☉ „ „ „ „ . . . . | | 2,5′ | |
| ☾ „ „ „ decl. . . . | N | 14,27′ | |
| ☉ „ „ „ „ . . . . . | S | 0,75′. | |

Nach diesen Daten ist die Figur 123 und zwar in gleichem Maass-
ab gezeichnet, wie Fig. 122. Die in der Figur angebrachten Zahlen
ziehen sich auf Greenwicher Zeit. Die Greenwicher Zeit differirt
n der Berliner um 53,5′, d. h. man hat 53,5 Minuten zur Greenwicher
it zu addiren, um die entsprechende Berliner Zeit zu erhalten.

Fig. 123.




**Sonnenfinsternisse** sind Erscheinungen, welche einerseits den ernbedeckungen durch den Mond, andererseits den Durchgang der teren Planeten vor der Sonnenscheibe analog sind; sie treten ein, nn die Erde durch den Schatten des Mondes hindurchgeht, können so nur zur Zeit des Neumondes stattfinden. 75

So wenig jeder Vollmond eine Mondfinsterniss bringt, so wenig er-
ignet sich auch bei jedem Neumond eine Sonnenfinsterniss, weil sich
er Mond so weit von der Ekliptik entfernt, dass sein Schatten meist
iber oder unter der Erde vorbeistreicht, ohne sie zu treffen. Eine Son-
nfinsterniss kann nur dann stattfinden, wenn der Mond zur Zeit seiner
onjunction mit der Sonne ganz in der Nähe der Ekliptik steht, oder
it anderen Worten, wenn der Neumond zu einer Zeit stattfindet, in
elcher die Knotenlinie der Mondbahn nahezu mit der Verbindungslinie
wischen Sonne und Erde zusammenfällt, wie bei $T$ Fig. 117 Seite 176.

Im Mittel ist der scheinbare Durchmesser des Mondes 31,5, der
er Sonne 32 Minuten, die Spitze des Mondkernschattens reicht demnach
icht immer bis auf die Erde. Wenn aber die Sonne in ihrer Erdferne,
er Mond gerade in seiner Erdnähe ist, so ist der scheinbare Durchmesser
er Sonne 31,5, der des Mondes 34 Minuten, und in diesem Falle ist
er Kernschatten des Mondes länger als der Abstand der Erde von dem-
elben; der Kernschatten trifft also noch auf die Erdoberfläche, wie dies
ach in der schematischen Fig. 124 (a. f. S.) der Fall ist, in welcher $S$
ie Sonne, $L$ den Mond und $T$ die Erde darstellt.

An den gerade vom Kernschatten des Mondes getroffenen Stellen

der Erde ist die Sonnenscheibe vollständig durch den Mond verdeckt, es findet eine **totale Sonnenfinsterniss** an diesen Orten Statt.

Für denjenigen Ort der Erde, von welchem aus gesehen die Mittelpunkte der Sonne und des Mondes sich decken, ist die Finsterniss eine **centrale**: natürlich kann sie nur für einen Augenblick central sein. Die centrale Finsterniss ist zugleich eine **ringförmige**, wenn gerade der scheinbare Durchmesser des Mondes kleiner ist als der scheinbare Durchmesser der Sonne.

Fig. 125 stellt die ringförmige Sonnenfinsterniss vom 15. März 1858 dar, wie sie z. B. in Oxford erschien.

Der Kernschatten des Mondes ist von einem Halbschatten umgeben, dessen Durchmesser mit der Entfernung vom Monde zunimmt, wie die Figur 124 zeigt. An der Stelle, an welcher die Erde in denselben eintreten kann, ist der Durchmesser seines Querschnittes ungefähr dem Halbmesser der Erde gleich; er ist kleiner, wenn der Kernschatten des Mondes die Erde noch trifft, grösser, wenn dies nicht mehr der Fall ist. An solchen Orten der Erdoberfläche, welche in dem Halbschatten des Mondes liegen, erscheint nur ein Theil der Sonnenscheibe durch den Mond verdeckt; hier ist die Sonnenfinsterniss eine **partiale**.

Um die Grösse der Bedeckung bei einer partialen Finsterniss anzugeben, denkt man sich den Durchmesser der Sonne, welcher in die Verbindungslinie der Mittelpunkte der Sonnen- und Mondscheibe fällt, in 12 gleiche Theile (Zolle) getheilt und giebt dann an, wie viele Zolle verdeckt sind. So zeigt Fig. 126 eine Verfinsterung von 3, eine solche von 6 und endlich eine solche von 9 Zoll.

Eine Mondfinsterniss bietet auf der ganzen Erdhälfte, für welche sich der in den Erdschatten eingetauchte Mond über dem Horizont befindet, ganz den gleichen Anblick dar. Der Moment, in welchem man den Mond gerade in den Erdschatten eintreten sieht, ist derselbe für alle Orte der Erde, an denen überhaupt das Phänomen sichtbar ist. Ebenso sehen die Beobachter der verschiedensten Gegenden den Mond in demselben Moment wieder aus dem Schatten hervortreten. Ganz anders verhält es sich bei Sonnen-

ernissen. Während an einem Orte eine totale Sonnenfinsterniss findet, beobachtet man in benachbarten Gegenden nur eine partiale, ntfernteren gar keine Sonnenfinsterniss; ebenso sind die Zeitpunkte, elchen die Sonnenfinsterniss beginnt und endet, für verschiedene auf der Erde nicht dieselben.

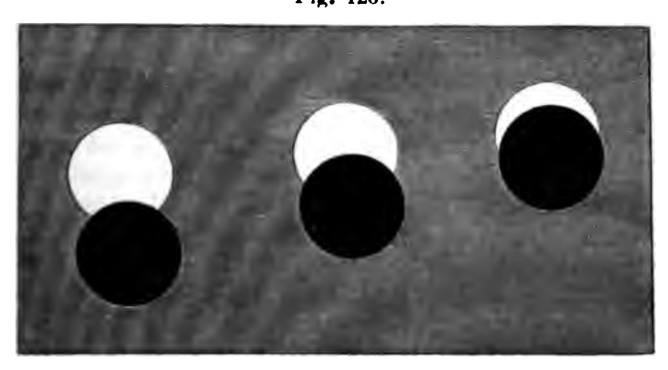
Fig. 125.



Die eben angedeuteten Verhältnisse werden am besten erläutert, wenn wir den Vorgang irgend einer speciellen Sonnenfinsterniss näher betrachten, und besonders, wenn wir untersuchen, welches der Verlauf der Erscheinung, vom Mond aus betrachtet, sein wird.

Am 4. April 1856 fand eine in Australien sichtbare Sonnenfinsterniss statt. Dem Berliner astronomischen Jahrbuche zufolge war der Moment der Conjunction von Sonne und Mond am 4. April $18^h$ 43′ 35″ Berliner In diesem Augenblick war die geocentrische Länge der Sonne und Mondes (nämlich der Mittelpunkt beider Himmelskörper) 15° 38′ 21″. heliocentrische Länge des Mittelpunktes der Erde sowohl wie des die Erde fallenden Mondschattens war demnach in dem fraglichen ente 195° 38′ 21″; die gleichzeitige südliche Breite des Schattenlpunktes war 48′ 24,6″.

Fig. 126.



In Fig. 5 auf Tab. X., welche nach demselben Maassstabe gezeichnet wie die Figuren 119 bis 121, stellt $AB$ ein Stück der Ekliptik, $C$ Mittelpunkt der Erde und $m$ den Mittelpunkt des Mondschattens den Moment der Conjunction dar. Zur Zeit jener Finsterniss war astronomischen Jahrbuche zufolge die Horizontalparallaxe des Mongleich 61′ 9,6″, ein mit dem Halbmesser 61,1′ um den Mittelpunkt eschriebener Kreis stellt also den Umfang der vom Monde aus behteten Erdkugel dar, wenn die weissen Kreise in den Figuren 119 121 den Mond darstellen, wie wir ihn von der Erde aus sehen.

Die Figur zeigt uns nun die Erdhälfte, welche im Moment der frag-
lichen Conjunction gerade der Sonne zugewandt war. Der Kernschatten
des Mondes fiel in diesem Augenblick auf die südwestliche Spitze von
Neuholland; hier, innerhalb des kleinen schwarzen Kreises, fand eben
eine totale Sonnenfinsterniss Statt.

Dieser Kernschatten war aber von einem Halbschatten umgeben,
welcher den grössten Theil von Neuholland bedeckte und sich nördlich
bis zur Insel Java erstreckte. An allen Orten, welche innerhalb dieses
Halbschattens lagen, fand eine partiale Sonnenfinsterniss Statt, und zwar
war der von dem Monde bedeckte Theil der Sonnenscheibe um so kleiner,
je weiter man von dem Kernschatten entfernt war. Ueber die Gränze
des Halbschattens hinaus, also in ganz Asien und Afrika, fand keine Be-
deckung der Sonnenscheibe Statt.

Unsere Figur stellt den auf die Erde fallenden Mondschatten nur
für einen bestimmten Moment dar; vor und nach diesem Zeitpunkte aber
musste der Schatten auf andere Gegenden fallen, wie man leicht ersehen
kann, da der Mittelpunkt des Mondschattens in der Richtung der Linie
*DF* fortschritt, während gleichzeitig die Erde in der Richtung des
kleinen am Aequator gezeichneten Pfeiles um ihre Axe rotirte. Auf der
Linie *DF* sind die Punkte bezeichnet, in denen sich der Mittelpunkt
des Mondschattens um $16^h$, $17^h$ u. s. w. bis $21^h$ (Berliner Zeit) befand.
Der Mondschatten traf die Erde zuerst, als der Mittelpunkt desselben
sich in *a* befand, um $16^h$ $36'$ Berliner Zeit, also zu einer Zeit, in welcher
ungefähr der 131. Längengrad (etwas östlich von der Ostküste Chinas)
in der Mitte der erleuchteten Erdhälfte lag, und für die Stelle, wo der
Erdäquator die Ostküsten Afrikas schneidet, die Sonne eben aufging.
Das Ende der Finsterniss fand statt, als der Mittelpunkt des Mond-
schattens in *b* angelangt war, was um $21^h$ $8'$ Berliner Zeit statt fand,
bis zu welchem Zeitpunkt sich dann die Erde so weit um ihre Axe ge-
dreht hatte, dass nun die Sonne auf dem 74. Längengrade östlich von
Ferro culminirte, also der Eingang des persischen Meerbusens, das Ural-
gebirge und Nowaja-Semlia Mittag hatten und die Sonne für den öst-
lichen Theil von Neu-Guinea und Neuholland bereits untergegangen war.

Ohne auf eine genauere Bestimmung des Weges, welchen der Kern-
schatten des Mondes auf der Erdoberfläche zurücklegte und der Gränzen
einzugehen, innerhalb welcher die Finsterniss vom 4. April 1856 sichtbar
war, ist aber doch aus dem bisher Gesagten mit Hülfe der Figur 5 auf
Tab. X klar, dass die fragliche Sonnenfinsterniss überhaupt in Neuholland
und den nördlich und östlich davon gelegenen Inseln sichtbar war, da
aber die Linie der centralen Verfinsterung Neuholland durchschnitt.

Da der Mondschatten auf der Erde von Westen nach Osten fort-
schreitet, so ist klar, dass wir den Mond auf der Westseite der Sonnen-
scheibe ein-, auf der Ostseite derselben austreten sehen.

Wo eine Sonnenfinsterniss wirklich total wird, entsteht eine ganz
eigenthümliche Dunkelheit, der Himmel erscheint grau und man erblickt

ne der helleren Sterne. Die schwarze Mondscheibe ist von einer
ıden breiten Lichtung umgeben, von welcher aus sich gelbliche
len verbreiten.

Von der totalen Sonnenfinsterniss, welche im August 1868 im süd-
Asien stattfand und von der eigenthümlichen Erscheinung des
lenkranzes, welche man während einer totalen Sonnenfinsterniss
ımmt, wird weiter unten noch ausführlicher die Rede sein.

Für ein eingehenderes Studium der Sonnen- und Mondfinsternisse
ı von Dr. A. Drechsler im Jahre 1858 zu Dresden über diesen
ıstand erschienenes Werkchen zu empfehlen.

**Die nächsten Sonnenfinsternisse.** Am 17. Juni 1871 findet 76
ür Deutschland unsichtbare, ringförmige Sonnenfinsterniss
; sie ist in dem indischen Ocean und der Südsee sichtbar. Die Bahn
ıngförmigen Phase geht nördlich von der Nordostküste von Austra-
'orüber und durchschneidet Neu-Guinea.

Am 11. December 1871 findet eine gleichfalls für Deutschland un-
bare aber totale Sonnenfinsterniss Statt. Sie ist im südlichen
und Australien sichtbar und die Linie der totalen Verfinsterung
ungefähr von der südöstlichsten Spitze Arabiens nach der Südspitze
'orderindien, durchschneidet Sumatra und streift die Südküste von
ɿuinea.

Im Jahre 1872 finden abermals zwei Sonnenfinsternisse Statt, wel-
eide in Europa unsichtbar bleiben. Die erste derselben ist eine am
ai stattfindende ringförmige Finsterniss, welche in ganz Asien
ar ist. Die Linie der centralen Verfinsterung durchschneidet die
ıitze von Vorderindien und verlässt nördlich von Korea den asiati-
Continent. Die zweite, totale Sonnenfinsterniss (30. November)
berhaupt nur im südlichen Theile von Südamerika sichtbar. Die
der totalen Verfinsterung trifft keinen Continent, sie läuft südlich
Cap Horn vorüber.

Erst das Jahr 1873 bringt uns wieder eine in Europa sichtbare
iale Sonnenfinsterniss und zwar am 25. Mai. Sie ist in ganz Eu-
mit Ausnahme des südlichen Italiens, der europäischen Türkei und
üdöstlichen Theils des europäischen Russlands sichtbar. Der Kern-
ten des Mondes trifft die Erde gar nicht, er geht über dem Nordpol
Erde vorüber.

Die zweite partiale Sonnenfinsterniss des Jahres 1873 (19. Nov.)
ır auf der südlichen Hemisphäre sichtbar.

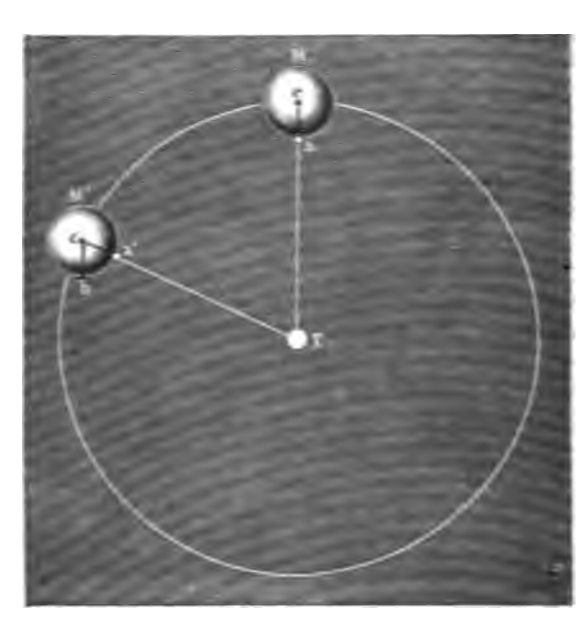
**Axendrehung des Mondes.** Schon mit blossem Auge unter- 77
let man auf der Mondscheibe Flecken, welche dem Monde eine be-
nte Zeichnung geben. Diese Zeichnung bleibt nun stets unverändert,
die einzelnen Flecken behalten ihre Stellung auf der Mondober-
e, geringe Schwankungen abgerechnet, unverändert bei; ein Flecken,

welcher einmal in der Mitte der Scheibe liegt, wird uns immer an die Stelle erscheinen, er rückt nie an den Rand; bestimmte Flecken wer immer am westlichen, andere werden stets am östlichen Rande bleib kurz, der Mond wendet uns immer dieselbe Seite zu.

**Es kommt uns also nur die eine Hälfte der Mondoberflä zu Gesicht, die andere Hälfte bleibt uns stets unsichtbar.**

Nach dieser Beobachtung lässt es sich nun leicht ausmitteln, wi sich mit der Axendrehung des Mondes verhält. In Fig. 127 sei $T$ Erde, $M$ die Stellung des Mondes in irgend einem beliebigen Augenbl Wenn nun der Punkt $a$ derjenige ist, welcher, von der Erde aus gese gerade die Mitte der Mondscheibe bildet, so muss dieser Punkt in

Fig. 127.



Stellung $a'$ kommen, während der Mond von $M$ bis $M'$ in seiner fortschreitet, wenn stets derselbe Punkt die Mitte der von der sichtbaren Mondhälfte bilden soll.

Fände während der fortschreitenden Bewegung des Monde keine Axendrehung desselben Statt, so müsste der Punkt $a$ an die $b$ gelangen, während der Mond von $M$ bis $M'$ fortschreitet, so dass selbe Mondhalbmesser, welcher vorher die Lage $ca$ hatte, nun di rallele Richtung $c'b$ einnähme. Wir haben aber gesehen, dass der fra Radius jetzt, wo der Mond in $M'$ angekommen ist, die Lage $c'a'$ während also der Mond von $M$ nach $M'$ fortgeschritten ist, hat er sic den Winkel $bc'a'$ gedreht, welcher offenbar dem Winkel $c\,T\,c'$ gleic

Aus der Thatsache, dass der Mond der Erde stets dieselbe Seite zu-
ıdet, ergiebt sich also, dass er eine Axendrehung hat und dass er die
drehung um seine Axe in derselben Zeit vollendet, in welcher er
e Bahn um die Erde zurücklegt, die Rotationsdauer des Mondes ist
seiner siderischen Revolution gleich.

Dieser langsamen Axendrehung entsprechend hat der Mond keine
nd wahrnehmbare Abplattung.

**Libration des Mondes.** Obgleich uns im Wesentlichen stets 78
elbe Mondhälfte zugekehrt ist, so finden doch kleine Schwankungen
ler Stellung der Mondoberfläche gegen die Erde Statt; bald sehen
etwas weiter auf die Westseite, dann wieder etwas mehr auf die Ost-
e der Mondkugel; bald ist uns der Nordpol des Mondes und dann
ler der Südpol desselben etwas mehr zugewandt; kurz der grösste
is, welcher die uns sichtbare Mondhälfte begränzt, hat auf der Mond-
el keine absolut feste Lage, sondern er wird sowohl in der Richtung
Ost nach West, als auch in der Richtung von Nord nach Süd etwas
und her geschoben. Man bezeichnet diese Erscheinung mit dem
ıen der Libration.

Insofern die erwähnte Schwankung in der Ebene des Mondäquators
tfindet, so dass alle Längenkreise des Mondes für den Beschauer auf
Erde bald etwas mehr nach Osten, dann wieder etwas mehr nach
sten gedreht erscheinen, nennt man sie Libration der Länge,
rend die rechtwinklig zum Mondäquator stattfindenden scheinbaren
wankungen Libration der Breite genannt werden.

Die Libration der Länge rührt daher, dass der Mond sich in einer
pse um die Erde bewegt, während seine Axendrehung stets mit gleich-
ıiger Geschwindigkeit vor sich geht.

Fig. 128 stelle die elliptische Mondbahn dar, in deren einem Brenn-
kte $T$ die Erde steht. Zur Zeit des Perigäums steht der Mond in $M$,
$a$ ist der Punkt, welcher, von der Erde aus gesehen, gerade die
te der Mondscheibe einnimmt. Nachdem nun der vierte Theil der
zen Umlaufszeit verflossen ist, befindet sich der Mond in $M'$; er hat
r unterdessen eine Drehung von 90° um seine Axe gemacht, der
ıdhalbmesser, welcher vorher die Lage $ca$ hatte, wird sich also jetzt
ler Lage $c'a'$ befinden; dieser Radius ist aber jetzt nicht mehr der-
ge, dessen Verlängerung gerade zur Erde hinführt, sondern $b$ ist der
ıkt, welcher, von der Erde aus gesehen, die Mitte der Mondscheibe
ıimmt, die Mondoberfläche erscheint also gegen die Erde um den
ıkel $bc'a'$ nach Osten gedreht.

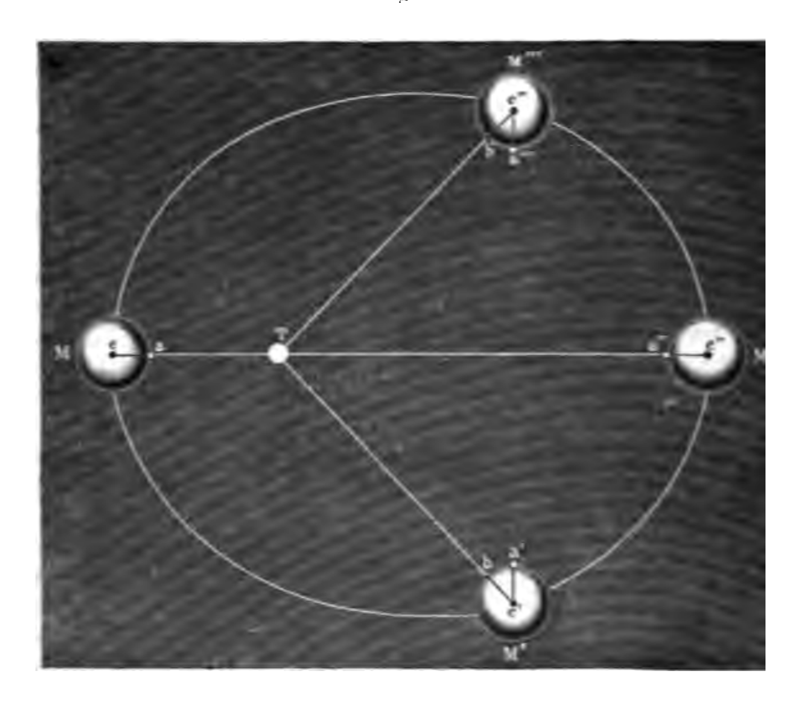
Ist der Mond im Apogäum, also in $M''$, angelangt, so ist, von dem
nent des Perigäums aus gerechnet, die Hälfte seiner ganzen Umlaufs-
verflossen; in dieser Zeit hat er aber eine Drehung von 180° um
ıe Axe gemacht, der Punkt $a$ nimmt also wieder die Mitte der Mond-
eibe ein, während derselbe Punkt sich in $a'''$ befindet, also um den

Winkel $b'c'''a'''$ nach Westen gedreht erscheint, wenn der Mond i $M'''$ gelangt ist.

Die Libration der Länge (also der Winkel $bc'a'$ oder $b'c'''a'''$) k bis zu 7° 53′ auf jeder Seite wachsen.

Wäre die Mondaxe genau rechtwinklig zur Mondbahn, so wü wir nur die Libration der Länge wahrnehmen: nun aber macht Mondäquator mit der Ebene der Mondbahn einen Winkel, welch Mittel 6° 38′ beträgt, und so kommt es, dass die Mondpole nicht — es bei streng senkrechter Lage seiner Axe sein würde — im Rand


Fig. 128.



scheinen, sondern uns abwechselnd etwas zu- und abgewandt sind uns der Nordpol des Mondes zugewandt, so werden alle Flecken nach Süden rücken; mehr nach Norden aber, wenn gerade der S uns zugekehrt ist, und so ist also die Libration der Breite, welc Maximo 6° 47′ beträgt, eine Folge von der schiefen Stellung der M axe gegen seine Bahn.

Es ist klar, dass die Ansicht der Mondscheibe, von verschie Orten der Erde aus gesehen, nicht genau dieselbe ist; die aus Ursache stammenden Variationen werden parallaktische Libr genannt.

**Die Oberfläche des Mondes.** Mit unbewaffnetem Auge oder 79
h durch ein ganz schwach vergrösserndes Fernrohr betrachtet, er-
:int der Vollmond als eine weisse Scheibe, welche mit mehreren grauen
:ken bedeckt ist; man hielt früher diese dunkleren Stellen für Meere,
helleren für Land, und obgleich man sich später davon überzeugte,
; auf dem Monde keine Meere sind, so haben diese dunklen Partien
h ihre alten Namen beibehalten, und so findet man denn auf den
ıdkarten noch immer ein Mare humorum, ein Mare nubium u. s. w.
: unserer Mondkarte, Tab. XI., sind bezeichnet:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Mare nubium | mit *a*, | Mare tranquillum | mit *e*, |
| Mare humorum | „ *b*, | Mare crisium | „ *f*, |
| Mare imbrium | „ *c*, | Mare foecunditatis | „ *g*, |
| Mare serenitatis | „ *d*, | Mare nectaris | „ *h*. |

Wenn man den Mond durch ein Fernrohr betrachtet, so beobachtet
ı unverkennbare Erhöhungen und Vertiefungen, kurz **Berge**, welche
ich nur an solchen Stellen deutlich unterschieden werden können,
che an der Gränze der Lichtphasen liegen, also nur in denjenigen
ndgegenden, für welche die Sonne eben auf- oder untergeht. Die
rge werfen dann mehr oder minder lange Schatten, deren schwarze,
haarscharf endende Gestalten einen überaus schönen Anblick gewäh-
, wie dies die beiden unteren Figuren auf Tab. XI. a. anschaulich
chen sollen, welche, wie auch zum Theil die folgenden Schilderungen,
m Werk von **Julius Schmidt** über den Mond entnommen, zwei
ude an der Gränze der Erleuchtung liegende Mondlandschaften dar-
len. Die tiefen Krater und Ringgebirge sind noch von Nacht erfüllt;
s umglänzt sie als schmaler Goldsaum der höchste Kamm des schon
uchteten Walles und oft ragt sternähnlich der Gipfel eines Central-
ges aus der Finsterniss der Tiefe empor, den eben erst das Licht der
ne getroffen hat. Mit dem Steigen der Sonne verändert sich die
se; die Schatten werden kürzer und mit dem Verschwinden der letzten
ttenspur verliert sich die Schärfe der Umrisse, so dass bei voller
uchtung alle die Einzelheiten verschwinden, welche man an der
nze zwischen der erleuchteten und der dunklen Hälfte wahrgenommen
e. — Der Vollmond zeigt nur Differenzen des Lichts und der Farbe.
ı Haupteindruck gewähren die dunklen Flächen, welche schon dem
ewaffneten Auge sichtbar sind und in welchen sich, von einzelnen
gen ausgehend, schmale Lichtstreifen verbreiten. Aber das unend-
e Detail von Bergen, Hügeln und kleinen Kratern, welches zur Zeit
Phasen den Beobachter in Erstaunen setzte, ist auf dem Vollmond
ganz verschwunden.

**Hevel** hatte den Mondbergen die Namen irdischer Gebirge beige-
, während **Riccioli** es vorzog, die Nomenclatur **Hevel**'s zu verlassen,
m er die Mondberge nach berühmten Männern und namentlich nach
ronomen benannte. Diese Bezeichnung ist bis jetzt allgemein in Ge-
ach geblieben und so finden wir denn auf unseren Mondkarten einen

Archimedes, einen Kepler, Tycho, Manilius, Galiläi u. s. w., wäh-
rend nur einige Bergketten die Namen irdischer Gebirge behalten hab
Wendet man das Fernrohr auf eine gerade gut beleuchtete Gebirg
landschaft des Mondes, so fällt selbst dem ungeübtesten Beobachter d
Vorherrschen kreisförmiger Gebilde auf, welche sich in Tausenden
Beispielen in grösserem und kleinerem Maassstabe wiederholen und
dem gemeinschaftlichen Namen der Ringgebirge bezeichnet werd
In unserer Mondkarte Tab. XI. sind diese ringförmigen Bildungen de
lich zu erkennen, der Maassstab derselben ist der Art, dass 10 Mei
auf der Karte eine Länge von 3,8 Millimeter einnehmen, 1 Meile a
nahezu durch eine Länge von 0,4 Millimeter dargestellt wird. Die
gezeichnetsten Ringgebirge sind auf Tab. XI. mit Ziffern bezeich
denen folgende Namen entsprechen:

| | | |
|---|---|---|
| 1. Archimedes, | 8. Purbach, | 15. Galiläi, |
| 2. Plato, | 9. Regiomontan, | 16. Grimaldi, |
| 3. Copernicus, | 10. Ptolemäus, | 17. Aristarch, |
| 4. Kepler, | 11. Apian, | 18. Autolicus, |
| 5. Gassendi, | 12. Frascator, | 19. Aristippus, |
| 6. Tycho, | 13. Plinius, | 20. Eratosthenes, |
| 7. Arzach, | 14. Manilius, | 21. Aristoteles. |

Die schon erwähnten Mondlandschaften auf Tab. XI. a. stellen
entsprechenden Gegenden dar, wie sie bei günstigster Beobachtung d
stark vergrössernde Fernrohre gesehen werden; sie sollen dazu di
den Charakter der Gebirgsbildungen auf dem Monde zu erläutern
zwar bietet die Landschaft links ein Beispiel von Kettengebirgen, w
rend in der Landschaft rechts kraterartige Bildungen entschieden
herrschend sind.

Die grösseren Ringgebirge, deren Durchmesser oft über 30 M
beträgt, nennt man Wallebenen. Es sind dies grössere, nahezu
Regionen, welche von einem sich mehr oder weniger der Kreisge
nähernden Gebirgswall umschlossen sind. Dieser Gebirgswall ersch
aber vielfach zerklüftet und durch kleinere Krater unterbrochen,
denn auch im Innern dieser Wallebenen Hügel und kleine Krater
treten.

Clavius und Maginus, welche auf Tab. XI.a. in der Figur
rechts mit 1 und 2 bezeichnet sind, können als charakteristische Beis
solcher Wallebenen dienen.

An diese Wallebenen schliessen sich in Betreff der Grössenverh
nisse zunächst die grossen Krater von 5 bis 12 Meilen Durchm
an, welche sich durch eine grössere Annäherung an die Kreisform
namentlich durch eine bedeutende Vertiefung des Beckens, w
sie mit den kleineren Kratern gemein haben, vor den Wallebenen
zeichnen. Der meist mauerartige Wall zeigt eine grosse Regelmässig
und ist selten durch kleinere Krater unterbrochen, nach Innen aber

elten bis fünffachen Terrassen besetzt. In der Mitte des Beckens
t sich meist ein einfacher Berg, der aber selten die Höhe des
s erreicht.

Diese grösseren Krater sind auch noch durch grosse Helligkeit des
n Saumes und oft durch ein Strahlensystem ausgezeichnet, welches
von ihnen aus bis weit in die grauen Ebenen erstreckt. — Zu den
eren Kratern dieser Classe gehören Tycho (Nro. 3 in der er-
ten Mondlandschaft), Copernicus, Aristoteles u. s. w. Zu den
eren Kepler, Aristarch, Manilius u. s. w.

Die kleinen Krater, deren Zahl auf der uns zugewandten Seite
Iondes auf 50 000 steigt, kommen ohne Ausnahme in allen Gegen-
vor und erscheinen vielfach als Unterbrechung der grösseren Ge-
formen, weshalb man sie als die jüngsten Mondgebilde betrachtet.

An diese Kraterbildungen schliessen sich die Rillen an, welche man
sermaassen als Längenkrater bezeichnen kann und welche als
le Furchen, als grabenartige, weit sich erstreckende Vertiefungen
einen. Die Rillen, nur durch die besten Fernrohre sichtbar, sind
20 Meilen lang, 1800 bis 12 000 Fuss breit und 300 bis 1200 Fuss tief.

Obgleich die Ringgebirge auf dem Monde die vorherrschenden sind,
den sich doch auch Bergmassen, welche ohne besondere Ordnung
thürmt erscheinen und die man Massen- oder Kettengebirge
:. Diese Gebirge sind aber, wenn auch in ihrem Zuge eine be-
nte Richtung vorherrscht, sehr von den grossen Gebirgszügen der
verschieden, denn die Kettengebirge des Mondes erscheinen nur
nregelmässig zusammengestellte und aufgethürmte Berggipfel, an
en wir Gebirgsthäler und Kämme im Sinne unserer irdischen Ge-
vergebens suchen.

Das Mondgebirge Kaukasus, von welchem ein Theil in der Mond-
chaft erscheint, welche auf Tab. XI a. unten links steht, mag als
iel derartiger Gebirgsbildungen dienen. Die in dieser Landschaft
l bezeichnete Parthie ist ein Theil des mare serenitatis.

Wenden wir uns endlich zu den schon flüchtig erwähnten Strahlen-
sen des Mondes, welche sich von gewissen Punkten radienartig ver-
n und beim Vollmond in den grauen Ebenen besonders auffällig
Sie erscheinen im Gebirge, in den Kratertiefen, in den grauen
en nur als Modification der Bodenfarbe; sie verschwinden in
ähe der Lichtgränze, ohne auch nur eine Spur eines Schattens zu
n, folglich sind sie weder Erhöhungen noch Vertiefungen.

Die Höhen der Mondgebirge kann man auf zweierlei Art ermitteln,
oder aus der Länge der Schatten oder, wenn ein erleuchteter Berg-
l ringsum noch von Nacht umgeben ist, aus dem Abstand des hellen
ctes von der allgemeinen Lichtgränze. Auf diese Weise hat schon
läi die Höhe einiger Mondberge ziemlich genau bestimmt. Nach
besten Messungen sind folgende die höchsten Kuppen der Massen-
rge:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Dörfel . . . | 23 000 | Pariser | Fuss |
| Apenninen . . | 17 000 | „ | „ |
| Kaukasus . . | 17 000 | „ | „ |

Folgendes sind die Höhen einiger Ringgebirge:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Newton . . . | 22 000 | Pariser | Fuss |
| Tycho . . . | 16 000 | „ | „ |
| Copernicus . . | 11 000 | „ | „ |
| Aristarch . . | 6 000 | „ | „ |

Die Mondgebirge kommen also an Höhe den bedeutendsten gipfeln der Erde sehr nahe.

Die Schatten der Mondberge sind vollkommen schwarz, s man an den vom Schatten bedeckten Stellen auch nicht das allermi Detail zu erkennen im Stande ist. Wo also auf dem Monde die So strahlen nicht unmittelbar hintreffen, ist absolute Nacht. Die allge Tageshelle, welche in dem Schatten irdischer Gegenstände herrscht auf dem Monde ebenso wie jede Spur von Dämmerung, woraus h geht, dass der Mond keine Atmosphäre hat, dass auf der M oberfläche also auch kein Wasser vorhanden sein kann, Dämpfe ja für sich schon eine Atmosphäre herstellen würden. Au Monde ist demnach auch ein organisches Leben der Art, wie es a Erdoberfläche vorkommt, ganz unmöglich.

Es ist bereits §. 70 S. 171 bemerkt worden, dass das Verschw und Wiedererscheinen von Sternen, über welche der Mond glei wegschreitet, ganz plötzlich ist, d. h. dass sie, ehe sie mit dem rande in Berührung kommen oder nachdem sie denselben verlassen keinerlei Ablenkung von der Stelle erfahren, an welcher man si ohne die Annäherung des Mondes sehen würde. Auch diese Th beweist die gänzliche Abwesenheit einer Mondatmosphäre.

80 **Darstellungen der Mondoberfläche.** Schon Galiläi versucht, eine bildliche Darstellung der Mondoberfläche zu geben, se Nuntius sidereus publicirten Mondbilder von ungefähr 7 Centi Durchmesser sind aber ebenso wie die Scheiner'schen noch höch vollkommen. Die erste, einigermaassen brauchbare Mondkarte b Hevel im Jahre 1643 zu Stande, und veröffentlichte sie nebst 40 P zeichnungen in seiner Selenographie. Hevel's Mondkarte blie ger als 100 Jahre die beste. Erst Tob. Mayer in Göttingen ga kleine aber höchst sorgfältig nach wirklichen Messungen gezei Mondkarte heraus, welche wieder bis auf die neueren Zeiten die blieb. In seinen selenographischen Fragmenten (1791) gab S ter zahlreiche Darstellungen einzelner Parthien der Mondoberfläc deren Aufnahme er aber nicht objectiv genug verfuhr, wodurch der derselben wesentlich beeinträchtigt wurde.

m Jahre 1824 erschienen 4 Blätter einer von Lohrmann nach gen Principien aufgenommenen und gezeichneten Mondkarte, welche erst ein Neuntel der ganzen uns sichtbaren Mondoberfläche dar-en. Das Werk blieb unvollendet. Im Jahre 1838 erschien eine t werthvolle Lorhmann'sche Generalkarte des Mondes.

Im Jahre 1830 begannen Beer und Mädler eine nach Lohrmann's aber ausschliesslich auf eigene Beobachtungen gegründete Mond- anzufertigen, welche im Jahre 1836 in 4 Blättern unter dem Titel pa selenographica erschien und das vollendetste ist, was bis jetzt in r Beziehung geleistet wurde. Der Durchmesser dieser, die feinsten ils zeigenden Mondkarte beträgt 3 Fuss.

Vortreffliche in grösserem Maassstab ausgeführte Karten einzelner dlandschaften hat auch Julius Schmidt in Athen veröffentlicht.

Die grosse Mondkarte von Beer und Mädler zu Grunde legend, Conservator Dickert in Bonn ein 18 Fuss im Durchmesser haltendes ief der uns sichtbaren Mondhälfte ausgeführt. Auf einer Hohlkugel Holz sind 116 gegossene Gypsplatten von je 15 Grad Länge und Grad Breite genau aneinander gefügt, auf deren Oberfläche die ent-chenden Gebirgsparthien in erhabener Arbeit dargestellt sind. Die izontalen Dimensionen der Gebirge sind in $^1/_{600000}$, die Höhen aber dreifachem Maassstab, also in $^1/_{200000}$ der natürlichen Grösse aufge-gen. Dieses Relief, welches seiner Zeit in verschiedenen Städten utschlands gezeigt wurde, giebt eine überraschend lebhafte Anschau-g der Mondoberfläche. — Einzelne Parthien dieses Reliefs, z. B. Co-nicus, Tycho, Plato u. s. w., mit ihren nächsten Umgebungen werden sich verkauft und geben ein treffliches Bild der Kraterbildung auf Monde. Es wäre sehr zu wünschen, dass Reliefs der ganzen sicht-en Mondhälfte in kleinerem Maassstabe, etwa 2 bis 3 Fuss im Durch-ser, angefertigt und in den Handel gebracht würden.

Ein neues vortreffliches Mittel zur getreuen Darstellung der Mond-rfläche liefert die Photographie. Bereits im Jahre 1857 stellte rren de la Rue eine Reihe ausgezeichneter Mondphotographien, von en unter anderen eine Collection von 12 allerliebsten Phasenbildern ch Smith, Beck und Beck in London veröffentlicht wurden. Ob-ich in diesen kleinen Bildern der Durchmesser des Mondes nur Centimeter beträgt, so sind doch einzelne Krater und Ringgebirge t überraschender Schärfe und Deutlichkeit erkennbar. Von wissen-aftlichem Werthe können aber nur grössere Phasenbilder dieser Art n, deren Warren de la Rue gleichfalls mehrere ausgeführt hat, von en nur zu wünschen wäre, dass sie durch den Buchhandel leichter gänglich gemacht würden.

Eine ganz ausgezeichnete Photographie des Mondes ist diejenige, lche Rutherfurd in New-York am 6. März 1865 drei Tage nach n ersten Viertel aufnahm. Der Mond erscheint in diesem Bilde in em Durchmesser von 53 Centimetern; in ausgezeichneter Schärfe zeigt

es die Ringgebirge in der Nähe der Lichtgränze, so namentlich P
Archimedes, Aristippus und Autolikus, Eratosthenes, Co
nicus, Ptolemäus, Alphons, Tycho und Andere.

Der Durchmesser des Plato ist auf diesem Bilde 15 Milli
der des Archimedes ist 12, der des Copernicus ist 14 Milli
lang. Der innere Flächenraum des Plato ist noch ganz dunkel, wä
das ihn umfassende Ringgebirge, namentlich aber der innere ö
Abfall desselben hell erleuchtet ist. Copernicus liegt noch grö
theils im Schatten, nur ein Theil des inneren östlichen Abhanges is
erleuchtet, weniger hell sind einige Parthien der westlichen Wall
Jenseits der Lichtgränze sind noch vielfach einzelne Lichtpunkte
Lichtstreifen sichtbar.

Von diesem schönen Mondbilde hat Photograph Vollenweid
Bern eine etwas verkleinerte sehr gelungene photographische Copi
macht (Monddurchmesser 39 Cent.), deren Verlag die Dalp'sche
handlung (Schmid) in Bern übernommen hat.

Eine noch mehr verkleinerte Copie des Rutherfurd'schen
bildes befindet sich in unserem Atlas als Tab. XI b. Die Namen der
tigsten auf ihr sichtbaren Mondberge sind aus der beigefügten Er
rungstafel XI c. zu ersehen.

Um eine Mondlandschaft aus photographischen Abbildungen
kennen zu lernen, sind mehrere bei verschiedener Beleuchtung
nommene Bilder derselben nothwendig.

Astronomische Photographien können nur mit Hülfe
grossen, parallaktisch aufgestellten und durch ein gleichförmig geh
Uhrwerk gedrehten Fernrohrs gemacht werden. Schraubt man
einem solchen Instrument das Ocular ab, so erhält man im Brenn
des achromatischen Objectivs ein Mondbild, dessen Durchmesser ung
1/120 von der Brennweite des Objectivs ist, welches also fast 1½
Durchmesser hat, wenn die Brennweite des Objectivs 14 Fuss ist
Ein gewöhnliches achromatisches Objectiv giebt keine ganz scharfe p
graphische Bilder. Rutherfurd berechnete sein Objectiv so, da
ohne Berücksichtigung der optisch wirksamsten Strahlen möglichst gl
Brennweite für die verschiedenen chemisch wirksamen Strahlen
Der Durchmesser dieses Objectivs betrug 11¼ Zoll, seine Brenn
14 Fuss.

Mit Hülfe eines solchen Objectivs wird nun zunächst ein nega
Collodium-Glasbild von ungefähr 1½ Zoll Durchmesser herge
welches aber so feine Details enthält, dass es eine namhafte Vergröss
verträgt. — Ein solches negatives Original wird nun als Object in
Apparat eingesetzt, welcher nach dem Principe der laterna mag
möglichster optischer Vollkommenheit construirt ist. Von Sonne
oder von elektrischem Licht beleuchtet wird das kleine negative
bild mit 10 bis 14 maliger linearer Vergrösserung auf eine photogra
präparirte Glasplatte projicirt, auf welcher auf diese Weise ein g

tives Bild erzeugt wird. — Von diesem grossen positiven Glasbild
l nun zunächst wieder eine gleich grosse negative Copie hergestellt,
che dann in der gewöhnlichen Weise dient, um positive Copieen auf
ier zu machen.

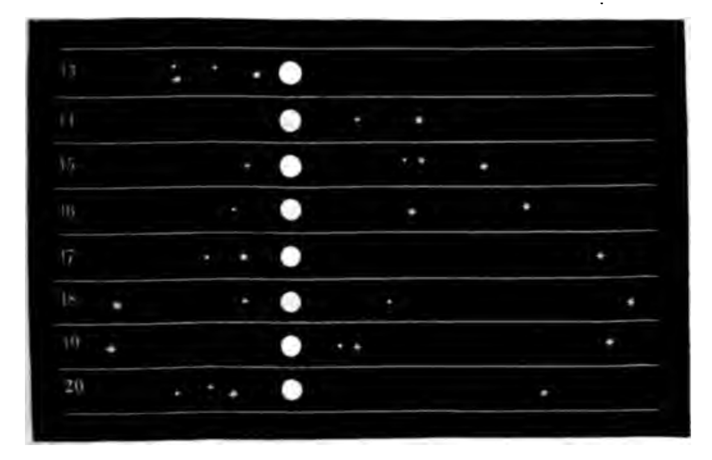
Wenn man die Rutherfurd'sche Photographie mit der Mondkarte
Beer und Mädler vergleicht, so muss man staunen über die Ge-
igkeit, mit welcher diese Karte alle Details der Mondoberfläche
lergiebt.

Mit Hülfe von Mondphotographien wird man vielleicht dereinst
entscheiden können, ob auf der Mondoberfläche wirklich gegen-
tig noch Veränderungen vor sich gehen. Aeltere Beobachtungen,
welchen noch thätige Vulcane auf dem Monde vorkommen sollen,
inen auf Täuschungen zu beruhen.

Lohrmann, Beer und Mädler versichern niemals eine wirkliche
inderung auf der Mondscheibe beobachtet zu haben. Im October 1866
machte Schmidt in Athen die Wahrnehmung, dass der früher
lich als ein sehr tiefer Krater wahrnehmbare Linné im mare sereni-
diese Kratergestalt gegenwärtig nicht mehr zeigt.

**Die Trabanten des Jupiter.** Wenn man den Jupiter durch **81**
Fernrohr von mässiger Vergrösserung betrachtet, so sieht man, dass
von vier kleinen Sternchen begleitet ist, welche nahezu in einer

Fig. 129.




den Linie aufgestellt erscheinen. Schon nach einigen Stunden lässt
eine Veränderung in der gegenseitigen Stellung dieser Sternchen
nehmen. Fig. 129 stellt den Jupiter mit seinen Trabanten dar, wie
ich vom 13. bis 20. März 1872 Abends um 10 Uhr zeigen wird und
r bezeichnet das 8seitige Sternchen den 3., das 6seitige den 4., das
ktchen den 2. und das 4seitige Sternchen den 1. Trabanten. Am

14. März wird der 2. und 4. Trabant hinter dem Jupiter stehen. erste Trabant befindet sich zu der bezeichneten Stunde am 16. g vor, am 17. gerade hinter dem Jupiter.

Aus einer genaueren Beobachtung der Jupiterstrabanten ergiebt nun, dass sie in Kreisen um den Planeten herumlaufen; die Ebene d Bahnen fällt beinahe mit der Ebene des Jupitersäquators zusammen deshalb erscheinen sie uns fast ganz zur Linie verkürzt und wir die einzelnen Trabanten in dieser Linie bald von Ost nach West dann wieder von West nach Ost fortschreiten.

Die folgende Tabelle giebt die mittlere Entfernung der Ju trabanten vom Mittelpunkt des Planeten in Jupitershalbmessern drückt nebst ihrer Umlaufszeit.

| | Abstände. | Umlaufszeit. |
|---|---|---|
| 1. Satellit | 6,05 | 1,769 Tage |
| 2. " | 9,62 | 3,551 " |
| 3. " | 15,35 | 7,155 " |
| 4. " | 27,00 | 16,689 " |

Man ersieht aus dieser Tabelle, dass die Jupiterstrabanten das Kepler'sche Gesetz befolgen, dass sich nämlich die Quadrate ihre laufszeiten verhalten wie die dritten Potenzen ihrer mittleren Ab vom Jupiter. Ebenso befolgen sie auch die beiden ersten Kepler Gesetze.

Fig. 130 stellt den Jupiter mit den Bahnen seiner Trabant richtigem Grössenverhältniss dar. Die Stellung jedes der vier Sat in seiner Bahn am 1. October 1856 Abends 10 Uhr ist durch einen die Stellung desselben in derselben Stunde des folgenden Tages einen kleinen Strich bezeichnet, vorausgesetzt, dass sich die Erde Richtung von $J$ nach $A$ hin befindet.

Von der Erde aus gesehen sind die mittleren scheinbaren messer der vier Jupitersmonde:

I. 1,0″ II. 0,9″ III. 1,5″ IV. 1,3″,

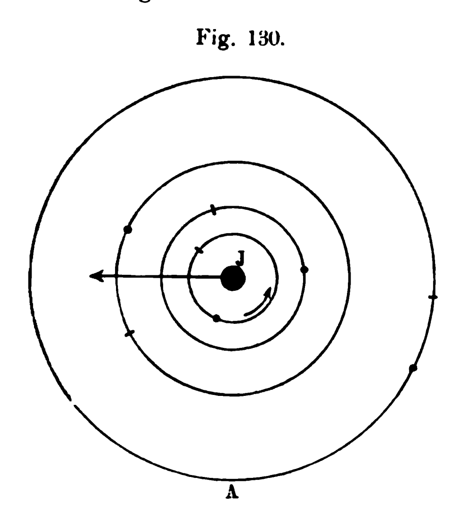
die wahren Durchmesser sind also:

| | |
|---|---|
| I. 529 geogr. Meilen, | III. 776 geogr. Meilen, |
| II. 475 " " | IV. 664 " " |

Das Ansehen dieser Trabanten ist ungefähr das von Sternen s Grösse, man würde sie also wahrscheinlich mit blossem Auge wahrn können, wenn sie nicht durch die Nähe ihres glänzenden Planete sichtbar blieben.

An den Bahnen der beiden inneren Trabanten kann man keine Abichung von der Kreisgestalt nachweisen, die Bahnen der beiden äusseren gen aber eine geringe Excentricität. Die Neigung der Bahnen gegen Ebene des Jupitersäquators ist sehr gering, sie übersteigt nicht die össe von einigen Minuten.

Fig. 130.




Da der Durchmesser des Jupiter sehr gross ist und die Trabanten ihm verhältnissmässig sehr nahe stehen, da ferner die Neigung ihrer Bahnen gegen den Aequator des Planeten und gegen die Bahn desselben sehr gering ist, so ereignet sich bei jedem Umlauf dieser Monde eine Sonnen- und eine Mondfinsterniss. Nur der vierte geht manchmal über oder unter dem Jupiterschatten vorbei, sowie denn auch sein hatten manchmal nördlich oder südlich vom Jupiter an demselben vorergeht.

Mit guten Fernrohren sieht man den Schatten, welchen die Traaten auf den Jupiter werfen, als einen schwarzen Punkt über denselben gehen. Mit weit geringeren Instrumenten aber kann man schon das rschwinden und Wiedererscheinen der Jupiterstrabanten beobachten, n sie in den Schatten ihres Planeten ein- oder austreten.

Um diese interessante Erscheinung anschaulicher zu machen, ist in ig. 131 und Fig. 132 (a. f. S.) dieselbe dargestellt, wie sie sich in n Monaten Juni und December des Jahres 1861 gezeigt hat.

Im Juni 1861, also zwischen der am 10. Februar stattgefundenen pposition und der am 30. August stattgefundenen Conjunction des Juter mit der Sonne liegt der Schatten dieses Planeten von der Erde aus sehen östlich von demselben; Ein- und Austritt der Trabanten in den hatten des Jupiter kann man also in dieser Zeit also nur auf der Ostite Jupiterscheibe wahrnehmen.

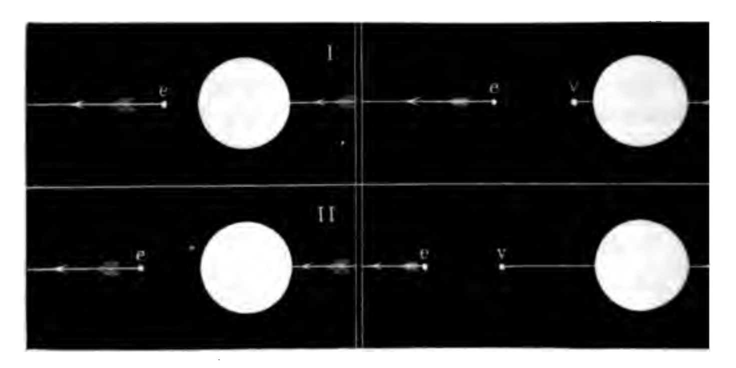
Auf der jenseitigen Hälfte ihrer Bahn bewegen sich die Trabanten der Richtung von West nach Ost, sie werden also am Westrande des piter verschwinden. Der erste Trabant tritt in den Schatten ein, wähd er sich noch hinter der Jupitersscheibe befindet und wird erst bei *c* ro. I. Fig. 131) wieder sichtbar, wenn er aus dem Schatten austritt.

Für den zweiten Trabanten ist die Erscheinung ganz die gleiche,

**nur ist die Stelle *e* (Nro. II. Fig. 131), wo der Trabant wieder etwas weiter vom Planeten entfernt.**

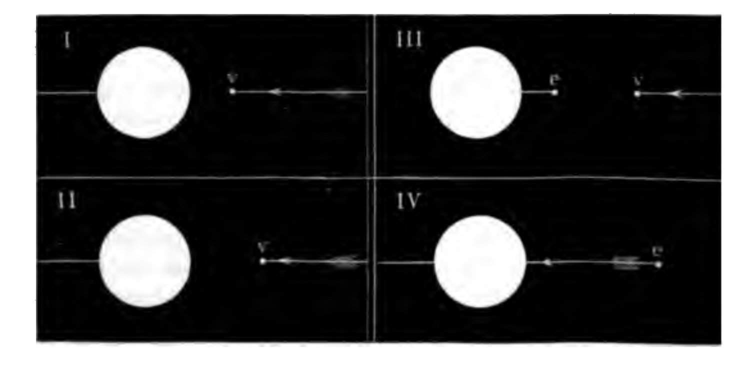
**Der dritte Trabant wird sogleich wieder sichtbar, wenn e1 rande der Jupitersscheibe vortritt (Nro. III. Fig. 131); erst b schwindet er, in den Schatten eintretend, aus dem er bei *e* wiede1**

Fig. 131.




Auch für den vierten Trabanten kann man den **Eintrit** Schatten und den Austritt aus demselben beobachten, **nur ist** des Verschwindens *v* und die Stelle des Wiedererscheinens **bei** vom Jupiter entfernt, als für den dritten Trabanten, wie **Fig. 131** zeigt.

Fig. 132.




Je mehr Jupiter sich der Conjunction mit der Sonne **näh** mehr verkürzt sich von der Erde aus gesehen der **Schatten** desto näher rücken also auch die Stellen des Verschwindens **und** erscheinens der Trabanten der Jupitersscheibe; so ist denn **für d** **Trabanten** im Juli 1861 der Eintritt in den Schatten nicht **mehr**

**Nach der Conjunction** liegt der Schatten des Jupiter von der Erde s **gesehen auf der Westseite** des Planeten; die Trabanten werden also f **der Westseite** der Jupitersscheibe im Schatten verschwinden, ehe sie n **Westrand** des Planeten erreichen, wie dies Fig. 132 erläutert, wel- **e die Erscheinung** für den December 1861 darstellt.

**In der Zeit von** ♃ ☌ ☉ bis ♃ ☍ ☉ kann man von der Erde aus **e Eintritte** der Trabanten in den Jupitersschatten, von ♃ ☍ ☉ bis ☌ ☉ dagegen alle **Austritte** der Monde aus diesen Schatten wahr- hmen. Da die Verfinsterungen der Jupiterstrabanten sehr häufig vor- mmen, so können sie sehr gut als himmlische Signale für Längen- stimmungen auf der Erde benutzt werden. Die astronomischen Ephe- riden enthalten die bis auf Bruchtheile einer Secunde vorausberechneten omente der von der Erde aus sichtbaren Ein- und Austritte der Jupiters- abanten nach der Zeit des Meridians der Sternwarte, auf welche sich e Ephemeriden beziehen.

Durch die sorgfältige Beobachtung der Verfinsterungen der Jupiters- abanten gelang es dem dänischen Astronomen **Römer** im Jahre 1765, e **Geschwindigkeit** des Lichtes zu messen. Es wird davon im lgenden Buche ausführlicher die Rede sein.

**Die Trabanten der äussersten Planeten.** Sowohl **Saturn** 82 s auch **Uranus** sind von Satelliten umkreist, ja man hat bereits einen abanten des **Neptun** entdeckt.

Die **Trabanten** des **Saturn** sind weit schwieriger sichtbar als die piterstmonde. Während letztere sogleich nach Erfindung der Fern- hre entdeckt wurden, wurde der hellste der Saturnstrabanten erst im hre 1655 von **Huyghens** aufgefunden.

Bis jetzt kennt man 8 Saturnstrabanten. Der von **Huyghens** ent- eckte ist vom Saturn an gerechnet der sechste. **Cassini** entdeckte den ebenten, fünften, vierten und dritten von 1671 bis 1687. Den ersten nd zweiten entdeckte **Herschel** mit seinem Riesenteleskope in den hren 1788 und 1789.

Nur der sechste Trabant (dessen Abstand vom Saturn 22 Halb- esser dieses Planeten und dessen Umlaufszeit 15,9 Tage beträgt) ist emlich leicht sichtbar; die übrigen können nur durch ganz ausgezeich- ete Instrumente wahrgenommen werden. Die beiden innersten Tra- anten wurden erst lange Zeit nach ihrer Entdeckung durch **Herschel** ieder von Anderen gesehen, und zwar der zweite von **Lamont** im mmer 1836, der erste von den Astronomen des Collegio Romano im ai 1838. Die Entfernung des ersten Trabanten vom Mittelpunkt des aturn beträgt 3,14, die des zweiten beträgt 4,03 Halbmesser des Saturn.

Der achte Mond des Saturn wurde im Jahre 1848 fast gleichzeitig on **Bond** in Nordamerika und von **Lossel** in England beobachtet. eber seine Stellung im System ist bis jetzt noch nichts Näheres bekannt.

Während die Bahnebenen der übrigen Saturnstrabanten nicht stark

von der Ebene des Ringes abweichen, beträgt die mittlere Neigun
Bahn des siebenten Trabanten gegen die Ringebene über 21 Grad.

Da Uranus selbst nur ein teleskopischer Planet ist, so ist wo
greiflich, dass seine Satelliten sehr schwer sichtbar sind. Die beid
Jahre 1787 von Herschel zuerst als ungemein feine Lichtpunkt
deckten sind die einzigen, deren Existenz vollständig constatir
Ausser ihnen beobachtete Herschel noch vier andere, die aber se
kaum wieder gesehen worden sind, und von denen sich also mit S
heit nichts Näheres angeben lässt.

Die beiden mit Sicherheit bekannten Uranusmonde zeigen eine
würdige Ausnahme von den sonst in unserem Planetensystem herr
den Verhältnissen, indem sie rückläufig sind und ihre Bahnen fast
winklig auf der Uranusbahn stehen. Für den äussersten dieser b
Satelliten beträgt die Neigung der Bahn gegen die Ebene der U
bahn ungefähr 79 Grad.

Bis jetzt ist erst ein Trabant des Neptun beobachtet worden
welchem aber noch nichts Näheres bekannt ist.

Sechstes Capitel.

# Die Kometen und Meteorite.

---

**Eigenthümlichkeiten der Kometen.** Ausser den Planeten 83
ebt es noch eine grosse Anzahl anderer Gestirne, welche sich gleichfalls
a die Sonne bewegen, sich aber von denselben sowohl durch ihr An-
sen als auch durch die Natur ihrer Bahnen wesentlich unterscheiden,
mlich die Kometen. Mit diesem Namen, den wir durch Haarsterne
ersetzen können, bezeichnete man schon im Alterthum solche Gestirne,
lche, durch einen mehr oder minder grossen Schweif ausgezeichnet,
vermuthet am Himmel erscheinen und, nachdem sie einen von den
anetenbahnen meist sehr abweichenden Weg unter den Fixsternen zu-
ckgelegt haben, wieder verschwinden.

Der Aberglaube sah in den Kometen Vorboten von Krieg, Pest,
ungersnoth und von sonstigen Uebeln aller Art. Die Ungereimtheit
ner solchen Meinung trat in dem Maasse deutlicher hervor, als man
s Wesen der Kometen näher kennen lernte und nachzuweisen im Stande
ar, dass ihre Bahnen denselben Bewegungsgesetzen folgen, wie die
anetenbahnen. Dass die Erscheinung der Kometen ebenso wenig mit
n Schicksalen des Menschengeschlechts oder einzelner Individuen zu-
mmenhängt, wie die Constellationen der Planeten, bedarf wohl keines
iteren Beweises; dass aber die Kometen auch keinen Einfluss auf den
ng der Erscheinungen in unserer Atmosphäre haben, dass sie nament-
h nicht auf die Witterungsverhältnisse influiren, musste man einsehen,
bald man ihre kosmische Natur erkannt hatte.

Die meisten Kometen zeigen einen hellen rundlichen Kern, welcher
n einer schwächer leuchtenden nebligen Hülle umgeben ist, die sich
f einer Seite, und zwar in der Regel auf der der Sonne abgewandten,
einen Schweif verlängert. Dieser Schweif erscheint uns manchmal
ter einem Winkel von 60 bis 90, ja bis 100°, so dass er über einen
deutenden Theil des Himmelsgewölbes wegzieht, wie man dies aus

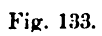


Fig. 133.



Fig. 134.



133 und Fig. 134 ersieht. Die letztere stellt den Kometen von nach einer Abbildung im Theatrum europaeum, die erstere den ten von 1843 nach einer im ersten Jahrgang der Illustrirten Zei- befindlichen Abbildung dar, und zwar sammt der landschaftlichen bung, wodurch man leicht einen Maassstab für die Grösse der einung erhält.

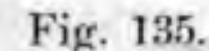


Fig. 135.




Der Kometenschweif ist bald gerade, bald mehr oder weniger ge- mt, wie dies z. B. der schöne Komet von 1811 zeigt, welcher 135 dargestellt ist; fast immer aber erstreckt er sich vom Kopf nach der von der Sonne abgewendeten Seite hin.

Fig. 136.




Manchmal fehlt der Kern ganz, wie z. B. bei dem schönen Kometen, m Jahre 1819 beobachtet wurde (Fig. 136).

Die Gestalt des Schweifes ist mannigfachen Variatione
ja für einen und denselben Kometen sieht man, wie sie
ändert. Man hat sogar Kometen beobachtet, welche meh
zeigen; der Komet vom Jahre 1744 hatte deren sogar se

Fig. 137.




Fig.



oder vielmehr sein Schweif erschien in sechs Theile gespalt
jeder 4° breit und 30 bis 40° lang war. Bei dem sehr g
meten von 1807, Fig. 138, theilte sich der Schweif in zwei

Durch den Schweif der Kometen hindurch kann man
deutlich sehen, ja Bessel und Struve haben selbst durch
Kometen hindurch noch Fixsterne beobachtet. Was den Ort
Kometen hindurch gesehenen Sterne betrifft, so zeigt sich d
aus nicht merklich verändert, die Lichtstrahlen erleiden a
durch den Kometen hindurchgehen, keine Ablenkung du
was darauf hindeutet, dass die Masse der Kometen nicht
sondern aus einer gleichsam staubartigen Masse, aus di
leere Zwischenräume getrennten Theilchen bestehen muss.

84 **Scheinbare Bahn der Kometen.** Während
stets in der Nähe der Ekliptik beobachtet werden, entf
Kometen oft sehr weit von derselben, so dass sie manchmal
des Polarsternes erscheinen. Während die Planetenbahn
gegen die Sonnenbahn geneigt sind, stehen die Kometenb
nahe rechtwinklig auf der Ekliptik. Der Komet vom J
schien z. B. zuerst im Sternbild der Wage am 28. Novem
in der Mitte zwischen dem Stern $\alpha$ und $\beta$, durchlief das
Bootes und verschwand endlich am 18. Januar 1619 bei ei
Declination von 77° ungefähr auf der Linie, welche die St
des grossen Bären mit dem Polarsterne verbindet.

Als der Kern dieses Kometen ungefähr bei $\zeta$ des
Fig. 139, erstreckte sich der Schweif, einer Zeichnung de

bis in die linke Vordertatze, d. h. bis zu den Sternen $\iota$ und $\varkappa$ des ' Bären.

' Bahn des grossen Kometen von 1680 und 1681 macht einen Winkel mit der Ekliptik. Der Komet erschien in der letzten




Fig. 139.

» November 1680 im Sternbild der Jungfrau. Am 27. Novem- seine geocentrische Länge 185°, seine südliche Breite 1°; bis December war seine geocentrische Länge auf 236° und seine süd- ite auf 2° 42′ gewachsen, er war also während dieser Zeit, in

welcher er in den Morgenstunden sichtbar war, ganz in der Nähe
Ekliptik geblieben: nach dem 7. December verschwand er in den St
len der Sonne, um am 22. December östlich von der Sonne wiede
erscheinen. An diesem Tage war die geocentrische Länge des Kern
gefähr 277°, seine nördliche Breite aber 7,5°. Er durchlief nun
Sternbilder des Adlers, des Delphins, des Pegasus, der Andromeda,
Triangels, und verschwand am 18. März 1681 in der Nähe des Stern
des Perseus. Am 4. Februar war seine geocentrische Länge 39°
einer nördlichen Breite von etwas über 19°. Man kann nach di
Angaben die Bahn des fraglichen Kometen auf den Sternkarten Tab.
und Tab. IV. verfolgen.

85 **Der Donati'sche Komet.** Im Herbst 1858 erschien ein K
welcher, der schönste unter allen bis jetzt in diesem Jahrhundert s
bar gewordenen, die wesentlichsten der in den beiden letzten Par
phen besprochenen Eigenthümlichkeiten in ganz ausgezeichneter W
zur Anschauung brachte. Wir wollen uns deshalb etwas näher mit
selben beschäftigen.

Am 2. Juni 1858 entdeckte Donati auf der Sternwarte zu Fl
einen teleskopischen Kometen, welcher am 10. September zuerst
blossem Auge sichtbar wurde und welcher nach seinem ersten Beoba
den Namen des Donati'schen Kometen führt.

In Fig. 140 ist die scheinbare Bahn des Donati'schen Kometen
12. September bis zum 14. October eingetragen. Der Kopf des
durchlief, nachdem er das Sternbild des grossen Bären (von wel
unsere Karte nur ein kleines Stück enthält) verlassen hatte, die G
linie zwischen dem Sternbild der Jagdhunde und dem des Ha
der Berenice; trat dann in das Sternbild des Bootes ein und gel
endlich durch das südwestliche Eck der Schlange in das Sternbil
Scorpions.

Selbst die kleinsten Sterne waren durch den Schweif des Ko
sichtbar. Die grösste Lichtstärke zeigten Kern und Schweif i
letzten Tagen des September und den ersten des October. Seine g
Länge erreichte der Schweif am 6., 7. und 8. October.

In unserer Figur ist der Schweif nach Lage und Grösse für m
Beobachtungsabende möglichst genau eingetragen; auf demselben
chen findet man aber auch ein Stück der Ekliptik, auf welcher
Stand der Sonne für den 27. September, den 8. und 15. October be
net ist. Verbindet man diese Sonnenörter mit den gleichzeitigen
meteorörtern durch gerade Linien, so findet man, dass in der Tha
Schweif des Kometen stets von der Sonne abgewendet war

Der Schweif des Donati'schen Kometen erschien gegen den Ko
weit mehr zugespitzt, als es die Abbildungen früherer Kometen z
Er machte namentlich vom 27. September bis zum 4. October du
den Eindruck einer niederfallenden Rakete, wie dies auch möglichs

ındschaftliche Bild des Kometen vom 30. September auf Tab. XIIIa. ₐulich macht, welches auch die Constellation des Kometen zum Stern- les grossen Bären richtig wiedergiebt.

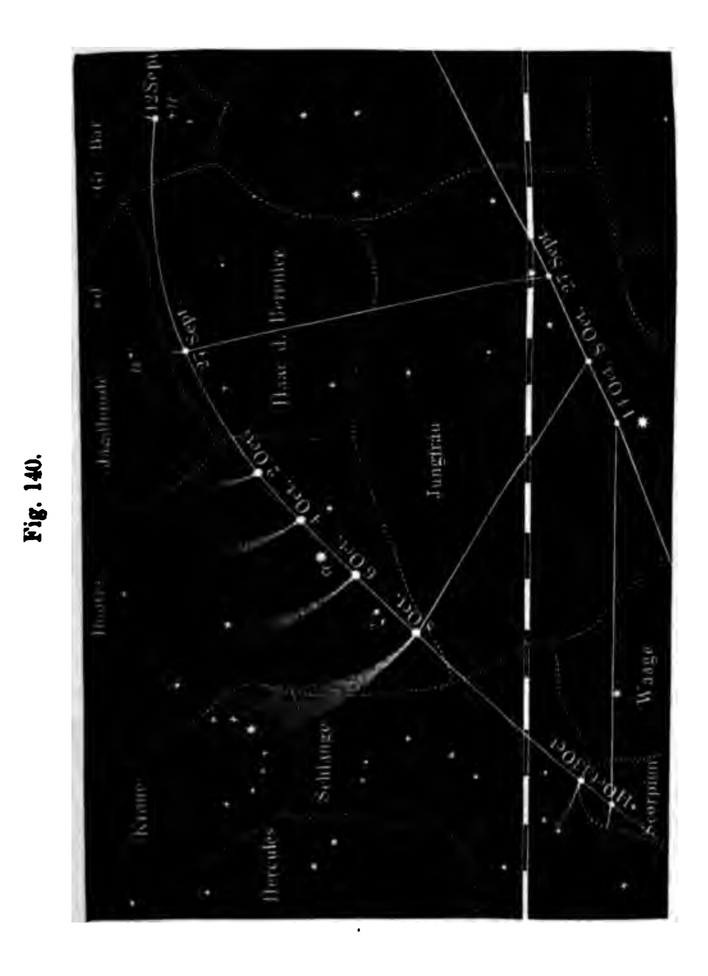


Fig. 140.

Der Schweif war nie gerade, sondern stets gekrümmt und zwar war convexe Wölbung nach der Seite gerichtet, gegen welche er fort- tt, gerade so also, als ob er durch ein widerstrebendes Medium, in bem sich der Komet bewegt, zurückgebogen würde. Dabei war der eif auf der convexen Seite entschieden schärfer begränzt als auf der ıven, was sich namentlich am 6., 7. und 8. October deutlich zeigte. Nach den Mittheilungen meines im Jahre 1861 als Mitglied der ke'schen Expedition im Innern von Australien verstorbenen Freun- Ludwig Becker wurde zu Melbourne der Donati'sche Komet

am 11. October zum ersten Male beobachtet und blieb daselbst bis zum 12. November sichtbar. Am 19. October stand er ungefähr 5° östlich von Antares.

Durch ein ausgezeichnetes Fernrohr von 60maliger Vergrösserung betrachtet, machte der Kopf des Kometen den Eindruck einer nicht scharf begränzten, in einer Nebelhülle schwebenden Kugel, wie dies in Fig. 2 Tab. XIa. möglichst treu wieder zu geben versucht worden ist.

Hinter der Kugel (d. h. nach der von der Sonne abgewendeten Seite hin) zeigte sich, wie dies bei den meisten Kometen der Fall ist, ein dunkler Raum, welcher in der Nähe des Kopfes wenigstens, den Schweif gleichsam in zwei Lichtstreifen theilte. In grösserer Entfernung vom Kopfe war dieser dunkle Zwischenraum nicht mehr zu erkennen, wie er denn überhaupt nirgends, selbst in der Nähe des Kopfes nicht, die volle Dunkelheit des umgebenden Himmels hatte.

Die richtige Deutung dieses dunklen Raumes dürfte wohl, wie auch allgemein angenommen wird, die sein, dass wenigstens das Kopfende des Kometenschweifes ein hohles Umdrehungsparaboloid einer nebelartigen Substanz sei.

Von den im nächsten Paragraphen zu besprechenden Ausströmungen konnte ich noch nichts wahrnehmen. Jedenfalls hat man es hier mit einer ungemein zarten Erscheinung zu thun, deren Verfolgung nicht allein gute Instrumente, sondern auch geübte Beobachter fordert.

86 **Die Ausströmungen der Kometen.** Schon Hevel machte die Bemerkung, dass der Kopf eines von ihm beobachteten Kometen in steter Veränderung begriffen sei. In ganz ausgezeichneter Weise zeigte sich diese Erscheinung, welche sich bei genauerer Untersuchung als eine vom Kern ausgehende, gegen die Sonne gerichtete Strömung erweist, an dem schönen Kometen vom Januar und Februar 1744. Der Komet von 1811 zeigte nichts der Art, wahrscheinlich weil er viel weiter von der Sonne entfernt blieb als der von 1744 und die sogleich näher zu besprechenden.

Im October 1858 entwickelte sich das Phänomen der Ausströmung am Donati'schen Kometen in ganz ausgezeichneter Weise und wurde der Gegenstand vielfacher genauer Beobachtungen und Messungen. Von den über diesen Gegenstand publicirten Schriften und Abbildungen sind mir eben nur die „astronomischen Beobachtungen über Kometen von Julius Schmidt, Athen 1863" zugänglich, welchen ich das Folgende entnehme.

Am 30. September 1858 Abends 6 Uhr, also in der Dämmerung, als eben der Lichtbogen der Coma (d. h. der Gipfelbogen des Schweifes) sich zeigte, erschien der Kern des Kometen ganz verwaschen, ähnlich einer kleinen Wolke; nach und nach löste sich von dem Kerne gegen die Sonne hin eine ungefähr halbkugelförmige Nebelhülle ab, so dass um 7 Uhr 40 Min. der Kern seine frühere Schärfe und Kleinheit wieder er-

atte und nun von einem schönen kreisförmigen Lichtbogen, von lülle umgeben erschien, die nach aussen scharf begränzt und hell, rts aber gegen den dunklen Raum hin geöffnet war. Ausserdem sich noch in dem allgemeinen Licht der Coma eine zweite äussere, teren concentrische mattere Hülle.

ehnliche Erscheinungen zeigten sich auch an den folgenden Abend am 3. October begann Schmidt die regelmässigen Messungen änomens.

o fand er z. B. am 4. October den scheinbaren Durchmesser des n Halos

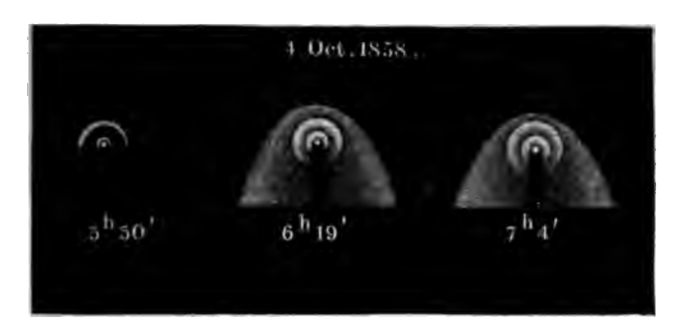
| | |
|---|---|
| um $5^h$ 36′ | gleich 5,38″ |
| „ 6 23 | „ 10,63 |
| „ 7 39 | „ 16,45 |
| „ 8 19 | „ 19,8. |

n 2 Stunden 43 Minuten war also der Halbmesser des inneren Halos uf das 4 fache gewachsen. Für den grösseren Halo ergaben sich de scheinbare Durchmesser

| | |
|---|---|
| $5^h$ 59′ | gleich 32,16″ |
| 7 41 | „ 39,73. |

n Fig. 141 ist die Erscheinung dargestellt, wie sie am 4. October zu verschiedenen Stunden wahrgenommen wurde. Dabei ist noch zu ken, dass der Kern des Kometen mit dem Halo schon in heller erung sichtbar war, während man von der Coma noch nichts wahr- en konnte.

Fig. 141.




Das gleiche Schauspiel wiederholte sich an den folgenden Abenden. dem Kern lösten sich in bestimmten Intervallen Lichtringe ab, welche ntrisch sich erweiternd, lichtschwächer wurden, um endlich zu verinden. So hat Chacornac in Paris nach einander acht Ringe sich en und allmälig verschwinden sehen.

Im Durchschnitt zeigte sich, dass die Geschwindigkeit, mit welcher ichtringe sich vom Kern entfernen, abnimmt, wenn ihr Halbmesser

wächst, es ergab sich also im Durchschnitt diese Geschwindigke
für den inneren als für den äusseren Ring.

So ergab sich z. B. für die Geschwindigkeit $g'$ des innere
die Geschwindigkeit $g''$ des äusseren Ringes:

| | $g'$ | $g''$ |
|---|---|---|
| Am 4. October | 321 Toisen | 175 Toisen |
| „ 5. „ | 375 „ | 261 „ |
| „ 7. „ | [illegible] „ | 181 „ |

Der wahre Durchmesser des Nucleus betrug nach Schmid
sungen zwischen dem 2. und 15. October 200 bis 287 geogr
Meilen. Der Scheitelradius der Coma betrug am 10. September 5
den und nahm bis zum 16. October bis auf 2320 Meilen ab.



Fig. 142.




Am 30. Juni 1861 erschien am nördlichen Himmel ohne
merkt worden zu sein, ein Komet von enormen Dimensionen.
stand in der Nähe von o des grossen Bären (ungefähr am d
dieses Sternbildes und des Luchses), sein über 100° langer Sch
über den Polarstern und $\gamma$ lyrae bis gegen $\xi$ aquilae hin.
Himmelsgewölbe sich fortbewegend nahm auch seine Grösse ra
dass er schon nach 8 bis 10 Tagen keine Aufsehen erregende
nung mehr war, obgleich er für aufmerksame Beobachter no
Zeit lang mit blossem Auge sichtbar blieb.

Auch dieser Komet zeigte ausgezeichnete Strömungsersc
und fortwährende Veränderungen des Kopfes.

Fig. 142 ist der mit dem Fernrohr beobachtete Kopf des Ko-
ır zwei verschiedene Abende dargestellt. Die unterste der drei




Fig. 143.

ıngen stellt denselben dar, wie er sich in der Nacht vom 30. Juni
Uhr 32 Minuten zeigte. Anfangs zeigten sich nur 3, später
:bogen, ganz analog mit den Sectoren des Donati'schen Kometen,

nur gingen hier die Lichthüllen in excentrischen Curven von dem Kerne aus. Auch hier bildeten sich die Lichtströmungen in kurzen Zeiten und konnten über eine gewisse Gränze hinaus nicht wachsen. Später nahmen die Ausströmungen des Kopfes mehr eine büschelförmige Gestalt an; diese gegen die Sonne hin ausgesendeten Büschel wuchsen oft in wenigen Stunden um das Doppelte ihrer ursprünglichen Länge, um alsdann undeutlich zu werden. Kurz, auch der Kopf dieses Kometen zeigte einen beständigen Wechsel der Gestalten.

In den beiden oberen Abbildungen der Fig. 142 ist die Erscheinung des Kometenkopfes dargestellt, wie sie Schmidt am 5. Juli in den beigeschriebenen Stunden beobachtete.

Im August 1862 erschien abermals ein mit blossem Auge sichtbarer Komet am nördlichen Himmel, dessen Schweiflänge zwar nur 20° erreichte und welcher keineswegs durch seine Helligkeit, wohl aber durch die Strömungserscheinungen seines Kopfes ausgezeichnet war. Besonders auffallend war an diesem Kometen die Gestalt der Coma, welche lange Zeit hindurch ihre selbständige kreisrunde Gestalt behielt, wobei sie links und rechts über die Seitenränder des Schweifes übergriff, wie man dies in Fig. 143 sieht, in welcher der Totalanblick des Kometen am 24. August und der Kopf dargestellt ist, wie er sich in der Nacht des 24. und des 29. Augusts zeigte.

Am 24. August betrug die scheinbare Länge des Schweifs ungefähr 16°, der scheinbare Durchmesser des Scheitelradius der Coma aber 14,5 Minuten, woraus sich nach Schmidt's Berechnung der wahre Durchmesser desselben gleich 43 Erddurchmessern ergab. (Der Abstand des Kometenkopfes von der Erde betrug zu dieser Zeit ungefähr 0,4 Erdweiten.)

Was den Kern anbelangt, so erschien er höchstens unter einem Winkel von 1″, wonach sein wahrer Durchmesser nicht über 0,07 Erdhalbmesser oder 60 Meilen betragen haben kann.

Die im Allgemeinen gegen die Sonne gerichteten Ausströmungen des Kerns waren büschel- oder fächerartig, und die Lage des Fächers gegen die Axe des Schweifes war stets variirend. Was die Wandlungen des Kometenkopfes betrifft, so fand sie Schmidt einem periodischen Wechsel unterworfen, indem nach je drei Tagen ungefähr dieselbe Gestaltung des Kometenkopfes wiederkehrte.

87 **Wahre Gestalt der Kometenbahnen.** Lange Zeit suchte man vergebens nach einer, den scheinbaren Lauf der Kometen genügend erklärenden Theorie. Erst Dörfel, ein Prediger zu Planen im Voigtlande, stellte, durch die Erscheinung des grossen Kometen von 1680 und 1681 veranlasst, die Meinung auf: die Bahn der Kometen sei eine Parabel, in deren Brennpunkte der Mittelpunkt der Sonne liege. Durch Newton's neues Weltsystem fand alsbald Dörfel's Meinung ihre Bestätigung und genauere Bestimmung.

Auf Tab. XII. ist die parabolische Bahn des Kometen von 1680 und 1681 dargestellt. Mit Hülfe dieser Figur wird man sich überzeugen können, dass die parabolische Hypothese den auf Seite 207 beschriebenen scheinbaren Lauf des Kometen genügend erklärt (natürlich nur in Beziehung auf die Veränderungen in der Länge; um die Veränderungen in der Breite nachzuweisen, müsste man noch die Neigung der parabolischen Bahn in Betracht ziehen, wozu, wenn es durch Zeichnung geschehen sollte, noch eine weitere Figur nöthig wäre).

Als der Komet am 17. December 1680 durch sein Perihelium ging, war er nur noch 128 000 Meilen von dem Mittelpunkte und nur 32 000 Meilen von der Oberfläche der Sonne entfernt. In dieser ungemeinen Nähe musste, von ihm aus gesehen, die Sonne als eine Scheibe von 96° Durchmesser erscheinen; gleichwohl ist er nach dem Durchgang durch das Perihelium ein Komet geblieben.

Nachdem man einmal die Bahnen bestimmen gelernt hatte, welche die Kometen in unserem Sonnensystem durchlaufen, ergab sich auch der wahre Ort, den sie an bestimmten Tagen im Raume einnahmen. So ersehen wir aus Tab. XII., dass der Komet von 1680 und 1681 am 22. December 1680 nahezu 4 Millionen Meilen von der Sonne und etwas über 10 Millionen Meilen von der Erde abstand (da die Entfernung der Erde von der Sonne in runder Zahl 20 Millionen Meilen beträgt).

Ferner war man nun auch im Stande, die wahre Länge der Kometenschweife zu bestimmen, und fand hier oft ganz enorme Dimensionen. Der Schweif des Kometen von 1618 erreichte eine Länge von 9 Millionen Meilen, der Schweif des Kometen von 1680 und 1681 muss mindestens 10 Millionen Meilen betragen haben. Der Komet von 1811 hatte einen Schweif von 12 bis 15 Millionen Meilen.

Die Kometen bleiben uns nur so lange sichtbar, als sie sich in der Nähe ihres Periheliums befinden und nicht durch die Strahlen der Sonne überglänzt werden. Die meisten verschwinden für uns, sobald sie sich über die Jupitersbahn hinaus von der Sonne entfernen.

Die Elemente, durch welche eine parabolische Kometenbahn bestimmt wird, sind folgende:

1) Die Länge des aufsteigenden Knotens. Durch sie ist die Lage der geraden Linie bestimmt, in welcher die Ebene der Erdbahn von der Ebene der Kometenbahn geschnitten wird.

2) Die Neigung der Kometenbahn, d. h. der Winkel, welchen die Ebene der Kometenbahn mit der Ebene der Erdbahn macht.

Durch diese beiden Elemente ist die Lage der Ebene der Kometenbahn, d. h. der Ebene der Parabel, bestimmt, in welcher sich der Komet bewegt. Den Brennpunkt dieser Parabel bildet bekanntlich die Sonne. Die Parabel selbst ist bestimmt:

3) durch die Länge des Perihels, d. h. durch den Winkel, welchen die auf die Ebene der Ekliptik projicirte Parabelaxe mit der von der Sonne nach dem Frühlingspunkte gezogenen Linie macht, und

4) durch den Abstand des Scheitels der Parabel von ihrem Bren punkt, d. h. durch die Entfernung des Kometenkerns von dem Mitte punkt der Sonne im Augenblick, in welchem er das Perihel passirt,

5) muss der Zeitpunkt bestimmt sein, in welchem der Komet d Perihel passirt und endlich

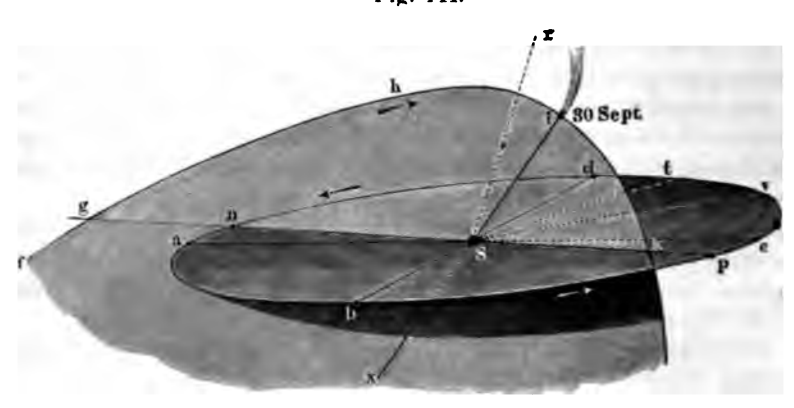
6) die Richtung seiner Bewegung, d. h. ob er recht- oder rü läufig ist.

Für den Donati'schen Kometen haben diese Elemente nach Lö (Astr. Nachr. 49. Bd.) folgende Werthe:

| | |
|---|---|
| Länge des aufsteigenden Knotens (☊) . . | 165° 15′ |
| Neigung der Bahn ($i$) . . . . . . . . . | 63° 3′ |
| Länge des Perihels ($p$) . . . . . . . | 36° 16′ |
| Durchgang durchs Perihel ($T$) . . . . . | 30. Septemb |
| Abstand des Perihels von der Sonne ($q$) . . | 0,58 Erdweit |
| Bewegung rückläufig. | |

Welches nach diesen Elementen die Lage der fraglichen Kome bahn gegen die Erdbahn ist, mag durch Fig. 144 anschaulich gem werden.

Fig. 144.




$S$ ist die Sonne, $abcd$ ist die perspectivisch verkürzt gezeich Erdbahn, während $fghikl$ die Bahn des Donati'schen Kometen ist.

Der besseren Anschaulichkeit wegen ist der von der Erdbahn geschlossene Flächenraum durch eine horizontale, die von der par lischen Kometenbahn begränzte Fläche aber durch eine hellere sch Schraffirung hervorgehoben.

Die Stelle, welche die Erde zur Zeit des Herbstäquinoctiums nimmt, ist mit $c$ bezeichnet, die Verlängerung der Linie $Sc$ wird das Himmelsgewölbe im Frühlingspunkte treffen.

)rte, an welchen sich die Erde zur Zeit des Wintersolstitiums, lingsäquinoctiums und des Sommersolstitiums befindet, sind nach die mit $d$, $a$ und $b$ bezeichneten Punkte.

en wir uns von $c$ aus in der Richtung der Bewegung der Erde rdbahn einen Bogen $cdn$ von 165° 15′ abgemessen, so ist die nd $S$ gelegte Gerade $np$ die Knotenlinie der Bahn des Do- ı Kometen.

ɿi eine Linie, welche in der Ebene der Erdbahn liegend recht- ıf $np$ steht. Ist nun ferner $Sr$ eine gleichfalls rechtwinklig hende Geráde, welche mit $St$ einen Winkel von 63° 3′ macht, durch $Sr$ und $np$ gelegte Ebene die Ebene unserer Ko- hn.

er Donati'sche Komet sich rückläufig bewegt, so ging er r Richtung $f$ über $g$, $h$, $i$, $k$, und $l$. In $g$ ist der aufsteigende, niedersteigende Knoten der Kometenbahn. Das Perihel in $i$ ɿr Komet am 30. September 1858. Die Stelle, welche an die- die Erde einnahm, ist in unserer Figur durch einen schwarzen eichnet.

g. 144 ist $Sv$ die Projection des Perihel-Leitstrahls $Si$ oder ɛlaxe auf die Ebene der Erdbahn. Der Winkel $cSv$ ist also e des Perihels für den Donati'schen Kometen, deren Werth, bemerkt wurde, 36° 16′ beträgt.

ıach dem weniger Geübten die gegenseitige Lage der Erdbahn notenbahn anschaulich zu machen, kann man das in Fig. 144 e auch in Form eines Modells ausführen.

ɔarabolischen Elemente des grossen Kometen von 1861 sind hr. 56. Bd.) nach Pape:

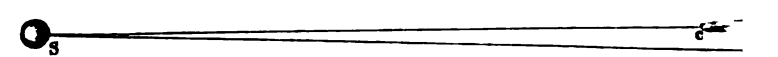
| | |
|---|---|
| ☊ . . . . | 278° 59′ |
| $i$ . . . . | 85° 38′ |
| $p$ . . . . | 249° 22′ |
| $T$ . . . . | 11,76 Juni |
| $q$ . . . . | 0,839 Erdweiten |

Bewegung rechtläufig.

der Stellung des Kometen gegen die Sonne und Erde konnte ıuthen, dass die Erde am 28. oder 29. Juni durch den des Kometen gegangen sei. Nach den Rechnungen von r dies jedoch nicht der Fall. Der Komet ging am 28. Juni en aufsteigenden Knoten; die heliocentrische Länge des erns war zu dieser Zeit 278° 59′, sein Abstand von der Sonne weiten. Die gleichzeitige heliocentrische Länge der Erde war a gegenseitige Position von Sonne, Komet und Erde war also rie es Fig. 145 (a. f. S.) darstellt. Vorausgesetzt, dass die Axe enschweifes in der Verlängerung des radius vector zusammen- äre, so hätte der kleinste Abstand der Erde von der Kometen-

axe immer noch 0,035 Erdweiten betragen. Aus späteren Beobacht
des Schweifs ergab sich aber, dass er an derjenigen Stelle, wo
Erdbahn schnitt, nur einen Durchmesser von 0,0076 Erdweiten
die Erde konnte mithin nicht in den Schweif eintreten, wenn si
ziemlich nahe an demselben vorbeiging.

Fig. 145.



Die Bahn eines Kometen kann möglicherweise eine Hyperbe
eine Parabel, oder endlich eine Ellipse sein. Bewegt sich der
in einer der beiden erstgenannten Curven, so kann er uns überha
einmal erscheinen; er kommt gewissermaassen aus unendlicher Fer
nach einiger Zeit unser Sonnensystem auf immer wieder zu ve
Ein Komet kann nur dann wieder in die Sonnennähe zurück
wenn seine Bahn eine elliptische ist.

Der Umstand, dass der beobachtete Lauf der Kometen sich
Regel sehr gut durch eine parabolische Bahn darstellen lässt, s
die Möglichkeit nicht aus, dass er sich wirklich in einer lang gest
Ellipse bewegt; denn eine Parabel und eine sehr stark excen
Ellipse, welche einen gemeinschaftlichen Brennpunkt $f$, Fig. 14
einen gemeinschaftlichen Gipfel $b$ haben, fallen in der Nähe dieses
welcher dem Perihelium entspricht, sehr nahe zusammen. So k
der That das Bogenstück $abc$, Fig. 146, ebenso gut ein Stück
rabel $habck$ als auch ein Stück der Ellipse $abcd$ sein. Die K
sind uns aber gerade nur in der Nähe des Periheliums sichtbar.

In den meisten Fällen genügt die parabolische Bahn den B
tungen und man behält sie dann bei, weil ihre Berechnung unglei
facher ist als die einer elliptischen Bahn.

Berechnet man aus den beobachteten Kometenorten eine elli
Bahn, so wird man begreiflicherweise in Betreff einiger Bahnel
keine grosse Genauigkeit zu erwarten haben; namentlich ist dies
Länge der grossen Axe und die Umlaufszeit der Fall.

Encke hat nach den zuverlässigsten Beobachtungen des K
von 1680 und 1681 eine elliptische Bahn desselben berechnet.
Rechnung zufolge würde er im Aphelium ungefähr 853 Erdweite
17000 Millionen Meilen weit von der Sonne entfernt sein. Sein A

elium wäre also 140 000 mal grösser als der im Perihelium. Als einliche Umlaufszeit ergab sich ungefähr 8800 Jahre.

g nun die Kometenbahn eine parabolische oder eine elliptische sein, so findet auch hier das zweite Kepler'sche Gesetz seine volle Anwendung, d. h. die Geschwindigkeit des Kometen in seiner Bahn ist stets eine solche, dass der von der Sonne zum Kometen gezogene Leitstrahl in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume zurücklegt. Die Geschwindigkeit des Kometen ist also am grössten, während er das Perihelium passirt.

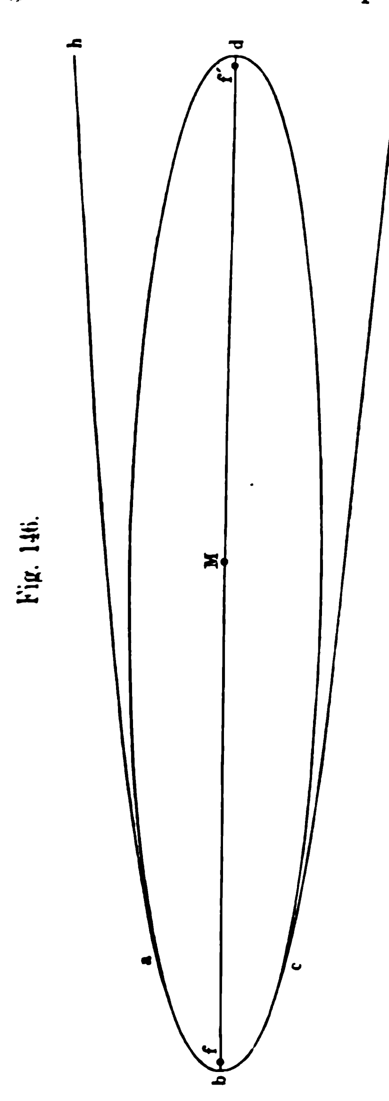


Fig. 146.

Für den Kometen von 1680 und 1681 ergiebt sich aus Encke's Rechnungen, dass er im Perihelium 53 Meilen, im Aphelium aber nur 10 Fuss in der Secunde zurücklegt. Im Aphelium ist also seine Geschwindigkeit ungefähr 116600mal geringer als im Perihelium.

Nach den Berechnungen von Bruhns sind die elliptischen Elemente des Donati'schen Kometen

| | | |
|---|---|---|
| ☊ | . . . . | 165° 19′ |
| $i$ | . . . . | 63° 1,7′ |
| $p$ | . . . . | 36° 13′ |
| $q$ | . . . . | 0,482 Erdweiten |
| Halbe grosse Axe ($a$) | . . . . | 164 Erdweiten |
| Umlaufszeit | . . . . | 2101,6 Jahre. |

ıwers berechnete die elliptischen Elemente des Kometen II von ie folgt:

| | |
|---|---|
| [illegible] . . . . . | 27?° 3?' |
| i . . . | 6?° 2?' |
| π . . . . | 24?° 7' |
| T . . . . | 11,3 Juni |
| q . . . | 0,??? Erdweiten |
| a . . . . . | 7?,? Erdweiten |
| Umlaufszeit | ??1 Jahre. |

**86** **Wiederkehrende Kometen.** Halley, ein Zeitgenosse Ne-
ton's, bemerkte, dass die Elemente der Bahn des schönen Kometen v
1682 fast genau dieselben seien, wie die der Kometen von 1607 und 15

Folgendes sind die fraglichen Elemente:

| Komet von | Länge ☊ | Neigung der Bahn | Länge des Perihelium | Abstand des Periheliums von ☉. |
|---|---|---|---|---|
| 1531 | 49° 25' | 17° 56' | 301° 39' | 0,57 Erdweiten |
| 1607 | 50° 21' | 17° 2' | 302° 16' | 0,58 „ |
| 1682 | 50° 48' | 17° 42' | 301° 36' | 0,58 „ |

Alle drei waren rückläufig. Er wurde dadurch auf den Gedanken
leitet, dass es wohl ein und derselbe Komet sei, welcher in den drei
nannten Jahren erschienen war und der eine Umlaufszeit von 75 bis
Jahren habe. Er kündigte seine Wiederkehr auf das Ende des Jal
1758 oder den Anfang des Jahres 1759 an, und in der That ging er
12. März 1759 wieder durchs Perihelium.

Eine abermalige, voraus angekündigte Erscheinung des Halley'sc
Kometen fand im Jahre 1835 Statt, wo er am 16. November das P
helium passirte.

Die erste durch astronomische Beobachtungen hinlänglich constat
Erscheinung des Halley'schen Kometen ist die von 1456.

Die halbe grosse Axe der Bahn des Halley'schen Kometen betr
ungefähr 19 Erdweiten; in seinem Aphelium ist er ungefähr 37,4 E
weiten von dem der Sonne entfernt.

Im Jahre 1456 erreichte der Schweif des Halley'schen Kome
eine Länge von 60 Graden, und ebenso zeigte er im Jahre 1531 ei
schönen Schweif. Im Jahre 1607 dagegen erschien er nicht besond
glänzend und namentlich war sein Schweif sehr klein, was wohl da
lag, dass er der Erde schon lange Zeit vor seinem Perihelium wie
verschwand. Im Jahre 1682 erschien er wieder mit starkem Glan
obgleich er dem Kometen von 1680 nicht gleich kam.

Im Jahre 1759 konnte der Halley'sche Komet nur eine kurze Zeit blossem Auge gesehen werden. An Glanz stand er diesmal der Erinnung von 1682 nach, aber nicht in Beziehung auf die Länge des reifes, welche bis auf 47° stieg.

Die Erscheinung des Halley'schen Kometen im Jahre 1835 war lich unscheinbar und befriedigte die Erwartungen des grösseren Pums keineswegs. Durch Fernrohre gesehen, bot er den Anblick Fi-147. Von dem kleinen Kern, welcher kaum 30 Meilen im Durcher haben konnte, ging nämlich eine fächerartige, gegen die Sonne

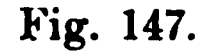


Fig. 147.



htete Flamme aus, welche sich aber zu beiden Seiten zurückkrümmte so allmälig in den Schweif überzugehen schien. Bessel war geneigt, als eine von dem Kometenkerne ausgehende Strömung einer hellen rie anzusehen, welche später auch am Donati'schen Kometen und en Kometen von 1861 und 1862 beobachtet wurde.

Die nächste Erscheinung des Halley'schen Kometen wird im Jahre l stattfinden.

Dies ist der einzige grössere, mit blossem Auge sichtbare Komet, en Umlaufsperiode bekannt ist.

Ein zweiter, jedoch nur teleskopischer Komet, dessen Umlaufszeit nnt ist und welcher den Namen seines Berechners führt, ist der ke'sche Komet; er wurde im November 1818 von Pons in Marseille eckt. Encke erkannte, als er nach den beobachteten Oertern eine n berechnete, dass er mit den in den Jahren 1786, 1795 und 1805 achteten identisch sein müsse. Die Umlaufszeit dieses Kometen bet nur 1208 Tage. Sein kleinster Abstand von der Sonne beträgt , sein grösster 4,07 Erdweiten. Die Neigung seiner Bahn gegen die iptik ist 13°; die Länge des aufsteigenden Knotens 335°, die Länge

des Periheliums 157°. Der Encke'sche Komet hat eine kugelförmi Gestalt ohne merklichen Schweif.

Dieser Encke'sche Komet ist besonders dadurch merkwürdig, d seine Umlaufszeit allmälig abzunehmen scheint, indem die Umlaufs von 1825 bis 1852 (9 Umlaufsperioden) um 1 Tag abgenommen l Olbers suchte diese Erscheinung durch die Annahme eines die Himm räume erfüllenden, der Bewegung widerstehenden Mediums zu erklä eine Annahme, welche übrigens bei keinem anderen Kometen Best gung gefunden hat.

Der Biela'sche Komet ist gleichfalls nicht mit blossem Auge si bar; im Fernrohre erscheint er als rundlicher Nebel, dessen Durchme im Jahre 1805 nach Olbers 10,6 Erdradien betrug. Im Perihel ist er 0,94, im Aphelium 6,26 Erdweiten von der Sonne entfernt. Neigung seiner Bahn ist 13°, die Länge des aufsteigenden Knotens 2 die Länge des Periheliums 108°. Seine Umlaufszeit beträgt 6,7 Jahı

Dieser Komet war bereits in den Jahren 1772 und 1805 beobac worden. Bei seinem Wiedererscheinen im Februar 1826 erkannte Bi seine Periodicität. Bei seinem Wiedererscheinen im December 1 beobachtete zuerst Maury zu Washington, dass sich der Komet in z getheilt hatte. Bei ihrem Durchgang durchs Perihel am 11. Febı 1846 betrug der Abstand der beiden Kometen 41 900 Meilen. B Zwillingskometen erschienen als geschweifte Gestirne.

Die beiden Theilkometen kehrten der Rechnung gemäss im He 1852 zum Perihel zurück, ihr Abstand war aber bis auf 352 000 graphische Meilen gewachsen. Im Jahre 1859 konnten sie wegen i Lage zur Sonne nicht beobachtet werden. Eine sichtbare Wiederl war im Winter 1865/66 zu erwarten, trotz der eifrigsten auf mehr Sternwarten angestellten Beobachtungen konnte aber das Doppelges nicht wieder aufgefunden werden; der Biela'sche Komet scheint schwunden zu sein.

Tab. XIII. zeigt die auf die Ebene der Ekliptik projicirten Bal des Encke'schen und Biela'schen Kometen und ein Stück der Bahn Halley'schen. Das Aphel des letzteren liegt noch jenseits der Neptunsb

Der Faye-Möller'sche Komet wurde im November 1843 von F als eine schweiflose Nebelmasse mit einem hellen Kern entdeckt und Elemente seiner Bahn von Möller berechnet. Seine Wiederkehr wı in den Jahren 1851, 1858 und zuletzt im Herbst 1865 beobachtet. Umlaufszeit des Faye-Möller'schen Kometen beträgt 7,4 Jahre.

Brorsen's Komet wurde im Februar 1846 als teleskopische k und schweiflose Nebelmasse entdeckt. Aus den gemachten Beobachtuı ergab sich eine Umlaufszeit von 5,5 Jahren. Bei seiner Rückkehı Jahre 1851 wurde der Komet nicht aufgefunden; dagegen wurde eı Jahre 1857 von Bruhns beobachtet. Bei seiner letzten Rückkehr Jahre 1868 wurde er von Secchi spectroskopisch untersucht; Näh darüber später.

Ein von d'Arrest im Juni 1851 entdeckter kleiner Komet, dessen
n sich nach den Beobachtungen als elliptisch herausstellte, wurde bei
er vorausberechneten Rückkehr im December 1857 abermals beobachtet.

Der Komet I. des Jahres 1858 wurde von Bruhns als ein perio-
her Komet erkannt und seine Identität mit dem Kometen II. des
es 1790 nachgewiesen. Seit 1790 hat dieser Komet unbemerkt fünf
äufe von 13,6 Jahren gemacht. Seine Wiederkehr ist im Sommer
l zu erwarten, er wird aber wohl schwerlich sichtbar sein, weil er
zur Zeit des Perihels in zu grosser scheinbarer Nähe der Sonne
iden wird.

Winnecke entdeckte im März 1868 einen Kometen, dessen para-
che Elemente er mehr übereinstimmend mit denen des Kometen III.
1819 fand, wonach derselbe ein wiederkehrender Komet von 5,5
en Umlaufszeit ist. Bei seinem Erscheinen im Jahre 1868 wurde
r Komet spectroskopisch untersucht.

**Die Meteorite.** Während Jupiter, der grösste Planet unseres 89
nsystems, einen Durchmesser von 20000 Meilen hat, ist der Durch-
er des kleinsten bis jetzt entdeckten, der Clio, nicht ganz 4 Meilen,
t also ungefähr 5000mal kleiner. Sicherlich aber können wir an-
men, dass Clio wirklich nicht der kleinste der um die Sonne krei-
en Weltkörper sei, wenn auch die kleineren eben ihrer geringen
nsion wegen für uns unsichtbar sind. Ein Weltkörper, welcher
mal kleiner ist als Clio, würde einen Durchmesser von kaum 1,5
rn haben und in gleichem Verhältniss abermals um eine Stufe herab-
end, würde man zu Körpern kommen, welche kaum einen Durch-
er von 1/2 Millimeter haben. Solche kleinen und kleinsten Welt-
er können aber in ungeheurer Zahl um die Sonne kreisen, ohne dass
von ihrer Existenz Kenntniss erhalten, wenn sie nicht etwa, in ihrem
die Erdbahn kreuzend, unseren Planeten so nahe kommen, dass sie
lie Oberfläche derselben herabstürzen.

Dass aber von Zeit zu Zeit wirklich mehr oder minder grosse Ge-
smassen, Meteorsteine, Meteorite oder Aërolithe, wie man
nnt, vom Himmel auf die Erde herabfallen, ist eine durch unzweifel-
Zeugnisse hinlänglich constatirte Thatsache.

Der älteste historisch sichere Meteorsteinfall ist wohl der, welcher
Aegos Potamoi in Thracien im Jahre 476 v. Chr. stattfand. Nach
lius soll der Stein zu seiner Zeit noch vorhanden gewesen sein und
Grösse eines Wagens gehabt haben.

Chinesische Berichte gedenken eines lange vor dem Beginn unserer
rechnung unter heftigen Donnerschlägen aus einer Wolke herab-
ürzten Aërolithen.

Die „Annales Fuldenses" berichten von einem grossartigen Meteor-
fall, welcher im Jahre 823 in Sachsen stattfand, durch welchen Men-
n und Vieh erschlagen und 35 Dörfer in Brand gesteckt wurden.

Weitere in Europa vorgekommene bedeutende Meteorsteinfä
den aus den Jahren 921, 1010, 1164, 1304 u. s. w. gemeldet.

Ein sehr berühmt gewordener, von **Seb. Brandt** in Ve
sungener Steinfall fand am 7. November 1492 zu **Ensisheim** i
statt; der ursprünglich 260 Pfund schwere Stein war halb Ma
in die Erde eingedrungen. Sein Fall war von einem furchtbaren
(**Klappf** wie die Urkunde sagt) begleitet, welches bis Villin
Luzern hin gehört worden sein soll. Nachdem viele Stücke d
geschlagen worden waren, wurde der Rest in die Kirche von E
gebracht, wo er sich noch befindet. Dieses Fragment ist von g
licher Farbe, fast schiefrig und leicht spaltbar. Es enthält l
und nickelhaltiges Eisen mit eingesprengten Olivinkörnern.

Bei dem ungeheuren zu **Crema** am 4. September 1511 w
menen Meteorsteinfall sollen 1200 einzelne Steine herabgefallen
denen einer 260, ein anderer 120 Pfund wog. Unter Blitz un
entfielen diese Gesteinsmassen einer dunklen Wolke.

In späteren Zeiten mehren sich die Nachrichten über Me
fälle derart, dass eine speciellere Besprechung derselben hier ni
möglich ist. **Klein** hat in seinem „**Sonnensystem**" (Braunschw
eine Zusammenstellung aller Meteorite gegeben, deren Fallz
bekannt ist. Dieses mehr als 300 Meteorsteinfälle enthaltende
niss zählt deren

| | | |
|---|---|---|
| 3 | aus dem | 15. Jahrhundert. |
| 15 | „ „ | 16. „ |
| 23 | „ „ | 17. „ |
| 40 | „ „ | 18. „ |
| 216 | „ „ | 19. „ |

Dass die Anzahl der in unserem Jahrhundert bekannt ge
Meteorsteinfälle so sehr die aus früheren Jahrhunderten übertri
sicherlich nur daher, dass man gegenwärtig derartigen Naturer
gen eine grössere Aufmerksamkeit zuwendet als früher.

90 **Ursprung der Meteorite.** Der Ursprung der Mete
bereits im Alterthum richtig erkannt worden. **Aristoteles** me
lich, es seien Steine, welche zufällig von heftigen Winden in
gewirbelt worden wären. **Diogenes von Apollonia** lehrte s
richtig, dass sich zugleich mit den sichtbaren Sternen auch un
durch den Raum bewegen und unter Umständen auf die Erd
stürzen. **Paracelsus** lässt die Meteorsteine aus der Sonne,
lassen sie aus dem Monde kommen. **Montanari** behauptete
mischen Ursprung der Aerolithen, für den sich auch **Halley** u
**keyne** aussprechen. Gegen Ende des 18. Jahrhunderts beg
nach dem Vorgang der Pariser Akademie die **Wirklichkeit** d
teorsteinfälle, trotz der vielen gut beglaubigten Nachrich
solche, **geradezu** in Abrede zu stellen. So standen die Sa

ladni im Jahre 1794 in seiner berühmten Schrift „Ueber den Ur-
rung der von Pallas entdeckten Eisenmasse und einige da-
in Verbindung stehende Naturerscheinungen“ für die Exi-
und den kosmischen Ursprung der Meteorsteine in die Schranken
ohne jedoch für die nächste Zeit die akademischen Vorurtheile er-
ttern zu können. Fürchtete doch Klaproth noch im Jahre 1803
Analyse eines Meteorsteines zu publiciren, „weil dadurch ein gelehr-
Streit entstehen könnte, da man noch zu sehr geneigt sei, das Factum
ein Mährchen zu halten.“

Da ereignete sich am 26. April desselben Jahres der berühmte Me-
steinfall zu l'Aigle, im Departement de l'Orne, zu dessen Unter-
chung Biot von der Pariser Akademie entsendet wurde. Er bestätigte
kommen alle darüber eingelaufenen Berichte. Am genannten Tage
zu l'Aigle zwischen 1 und 2 Uhr Nachmittags ein kleines fast un-
gliches Wölkchen beobachtet worden, aus welchem unter 5 bis 6 Mi-
lang andauernden Explosionen Steine herabfielen, deren man 2000
3000 auf einer gegen 2 Meilen langen elliptischen Fläche zerstreut
Der grösste davon wog 9 Kilogramm, der kleinste 8 Gramm.

Diesem Falle folgten bald andere, welche alle bis dahin über diesen
nstand gehegten Zweifel zerstreuten. So fielen am 15. März 1806
der Nähe von Alais unter heftigen Explosionen zwei Steine, einer
8 und einer von 4 Pfund.

Am 13. März 1807 fiel im Gouvernement Smolensk ein 140 Pfund
werer Stein nieder und am 22. Mai 1808 fielen zu Stannern in
hren 200 bis 300 Steine von $^1/_2$ Loth bis zu 11 Pfund. Am 13. No-
ber 1835 wurde im Departement Ain durch einen Aërolithen ein
s angezündet.

Bisweilen fällt in Begleitung von Meteorsteinen auch ein schwarzer
rother Sand oder Staub nieder, während in anderen Fällen solcher
eorischer Staub auch ohne Meteorsteine vorkommt. Es ist wohl
zu bezweifeln, dass solche Staubmassen mit den Aërolithen gleicher
und gleichen Ursprungs sind.

Ein ohne Zweifel hierher gehöriges Beispiel wurde in den indischen
ern auf einem nordamerikanischen Schiffe beobachtet; am 14. No-
ber 1856, als sich dasselbe ungefähr 60 geographische Meilen süd-
von Java befand, fiel ein Regen von feinen schwarzen Kügelchen
Verdeck des Schiffes nieder, die wie Bleischrot von der Sorte des
tes aussahen. Der Durchmesser dieser Kügelchen betrug $^1/_3$ bis
pariser Linie; die mikroskopische Untersuchung zeigte, dass sie hohl
und häufig ein kleines Loch hatten, welches die Oeffnung ihrer Höh-
bildete. Diese vom Magnet stark angezogenen Kügelchen bestanden
ganz aus Eisenoxyduloxyd. Reichenbach (Pogg. Ann. CVI, 1859)
es im höchsten Grade wahrscheinlich gemacht, dass diese Kügelchen
etwa, wie Ehrenberg meinte, aus javanischen Vulcanen stammen,
dern dass sie wirklich kosmischen Ursprungs seien.

So hat man denn die Heimath der Meteorite nach und nach i
weiter weg legen müssen. Während man ihnen anfangs irdische
sprung zuschrieb, liess man sie später aus dem Monde und der
kommen, bis man erkannte, dass man es mit selbstständigen Körpe
thun habe, welche in selbstständigen Bahnen den Weltraum durchfl

Zunächst nahm man nun an, dass die Bahnen der Meteorite, v
hier und da die Erdbahn schneiden, planetarischer Natur seien
man es also hier mit wenig excentrischen Bahnen von verhältnism
kurzer Umlaufszeit zu thun habe, bis neuere Untersuchungen be
haben, dass die Bahnen der Meteorite Parabeln oder doch seh
centrische Ellipsen, dass sie also nicht den Bahnen der Pla
sondern denen der Kometen zu vergleichen sind, weshalb denn
die Besprechung der Meteorite hierher verlegt werden musste.

91 **Beschaffenheit der Meteorite.** Was nun die chemisch
schaffenheit der Meteorite betrifft, so ist vor allem die Thatsac
constatiren, dass in denselben bis jetzt kein Element gefu
wurde, welches sich nicht auch sonst auf unserer Erde fä

Gustav Rose theilt die Meteorite in zwei Hauptclassen e
Eisenmeteorite und Steinmeteorite. Die Eisenmeteorite be
entweder aus gediegenem Eisen, Meteoreisen, oder aus einer
Eisenmasse, welche verschiedene Silicate (häufig Olivinkörner
schliesst, wie dies z. B. bei der Pallas'schen Meteormasse der Fall

Die Steinmeteorite bestehen meistens aus einer, aus verschie
Silicaten (grossentheils Magnesiasilicaten) gebildeten trachyti
Grundmasse, in welche metallisches Eisen mehr oder weniger re
eingesprengt ist.

Nach Reichenbach's Schätzung fallen im Durchschnitt jährlich
Meteorsteine auf die Erde; auf 100 Steinmeteorite kommt aber vie
nur 1 Eisenmeteorit; dagegen verwittern die Steinmeteorite sehr rasch
rend das Meteoreisen, nachdem sich auf seiner Oberfläche eine schü
Oxydschicht gebildet hat, Jahrhunderte lang erhalten bleibt, so dass ma
längst gefallene Massen von Meteoreisen, aber keine alten Meteorsteine

Die frisch gefallenen Meteorite sind so heiss, dass man sich die
daran verbrannt hat, und sie sind mit einer feinen, glatten, schw
schlackigen Rinde überzogen, von deren Entstehung weiter unte
Rede sein wird.

Das Meteoreisen ist meistens stark nickelhaltig und al
charakteristische Eigenschaft desselben betrachtet man die nach
Entdecker genannten Widmanstätt'schen Figuren, welche hervort
wenn man angeschliffene und polirte Flächen von Meteoreisen mi
petersäure ätzt. Fig. 148 ist die Copie eines Selbstabdrucks vo
ätztem Meteoreisen von Tolucca in Mexico. Schon ein oberfläch
Betrachten dieser Figuren genügt, um daraus die krystallinische St
des Meteoreisens zu erkennen.

In verschiedenen Ländern hat man Massen von **gediegenem Eisen** nden, welche mit notorisch gefallenen Eisenmeteoriten die grösste nlichkeit haben, welche nicht allein die **Widmanstätt'schen** Figuren en, sondern auch stark nickelhaltig sind. Da nun dergleichen Eisen- en auch dem Gebirgssystem der Gegenden, in denen man sie gefun- hat, völlig fremd sind, so unterliegt es wohl keinem Zweifel, dass es hier gleichfalls mit meteorischen Massen zu thun hat. Das erste rtige Stück, welches die Aufmerksamkeit der Gelehrten auf sich zog, eine 1600 Pfund schwere Eisenmasse, welche **Pallas** im Jahre 1772 **Krasnojarsk** am Jenisei auf der Höhe eines Bergrückens fand.



Fig. 148.



ladni war es, welcher sich zuerst für den meteorischen Ursprung der llas'schen Eisenmasse aussprach.

Weitere Eisenmassen von unzweifelhaft meteorischem Ursprung sind r anderen: eine im Jahre 1814 auf einem granitischen Karpathen- l bei **Lénarto** gefundene 194 Pfund schwere Masse; eine 12 Ctr. were Eisenmasse, welche am Eingange der Pfarrkirche von **La Caille** partement Var) liegend lange den Einwohnern des Dorfes als Sitz ge- t hatte u. s. w.

Sehr reich an bedeutenden meteorischen Eisenmassen ist Amerika. Mexico und Brasilien sind solche von 20, 140, 300 und 400 Centnern nden worden. Als **Ross** auf seiner Polarreise im Jahre 1818 mit den kimos der Baffinsbay zusammentraf, hatten sie Messer, welche, wie der elgehalt bewies, aus Meteoreisen verfertigt waren. Sie erzählten, dass der Westküste von Grönland Blöcke gediegenen Eisens herumlägen.

In allen grösseren Mineraliencabinetten befinden sich jetzt auch mlungen von **Meteoriten**, deren bedeutendste ohne Zweifel die des

Hofmineralien-Cabinets in Wien ist, welche im Sommer 1869 168 S meteorite und 91 Eisenmeteorite enthielt. Unter den Steim riten befindet sich unter anderen ein Bruchstück des Meteorits Ensisheim, mehrere Stücke von L'Aigle, mehrere von Stanner ein 280 Kilogramm schwerer Meteorstein, welcher am 9. Juni 18 Knyahinga in Ungarn gefallen war.

Unter den Meteoreisenmassen der Wiener Sammlung be sich drei, deren Fall constatirt ist: ein über 39 Kilogramm sc Stück, welches am 26. Mai 1751 bei Agram in Croatien, ein über gramm schweres Stück, welches am 14. Juli 1847 bei Braunau i men und endlich ein kleines am 30. Juli 1855 in Nordamerika ge Stück.

Nach der Wiener Meteoriten-Sammlung dürften wohl die bed sten sein: die zu Tübingen, ein Geschenk des Herrn von Rei bach, welcher sie zusammengebracht und eine Reihe schätzens Aufsätze über Meteorsteine in Poggendorff's Annalen publici und dann die Sammlungen zu Berlin, Paris und London.

92 **Feuerkugeln.** Eine zu allen Zeiten ziemlich häufig beob Erscheinung sind Feuerkugeln, welche man mit mehr oder minder Geschwindigkeit hoch durch die Lüfte hinziehen oder auf die Erde stürzen sieht. Die scheinbare Grösse dieser Feuerkugeln ist verschieden, denn man hat solche beobachtet, deren scheinbarer messer dem des Mondes gleich war bis herab zu solchen, deren bare Grösse die der Venus und des Jupiter nicht übertraf, so da kaum mehr von Feuerkugeln reden kann. Bei noch mehr abneh scheinbarer Grösse geht das Phänomen der Feuerkugeln allmälig der Sternschnuppen über.

Sehr häufig ziehen die Feuerkugeln einen feurigen Schwei lich einer Rakete, nach sich. Während viele Feuerkugeln lautl löschen, sieht man andere unter heftiger Explosion in Stücke zersp und in Folge eines solchen Zerspringens hat man in vielen Fäl Herabfallen von Meteorsteinen beobachtet, so dass es wohl Zweifel unterliegt, dass Meteorsteine und Feuerkugeln zusammeng Erscheinungen sind, obgleich einerseits für die Mehrzahl der b teten Feuerkugeln ein sie begleitendes Niederfallen von Aërolithe durch Zeugen nachgewiesen und andererseits zahlreiche Meteorst (namentlich bei Tage) ohne vorhergegangene Lichterscheinung beo wurden.

Unter den zahlreichen Berichten und Beschreibungen von kugeln (seit man überhaupt auf dergleichen Erscheinungen aufmer ist, vergeht kein Jahr, in welchem nicht mindestens von einem Dutzend Feuerkugeln berichtet wird) mögen hier nur einige we Beispiel aufgeführt werden.

Am 19. März 1718 wurde in England ein fast wie die

sendes Meteor beobachtet, welches so hell war, dass man den Mond nicht mehr sehen konnte und welches unter heftiger Detonation letzte.

Die am 26. März 1751 bei Agram beobachtete und von einem Meteinfall begleitete Feuerkugel hinterliess, wie Haidinger in alten nden aufgezeichnet fand, einen zickzackförmigen Schweif, der noch r als drei Stunden dem blossen Auge sichtbar geblieben sein soll.

Zu Siena erschien am 16. Juni 1794 eine Feuerkugel mit langem eif, welche mit einem unter heftiger Explosion erfolgten und bet gewordenen Meteorsteinfall endigte.

Am 5. Mai 1809 sah man zu Aberdeen um $12^1/_2$ Uhr Mittags ollem Sonnenschein und wolkenlosem Himmel einen Feuerball mit m Schweif, welcher fünf Minuten nach seinem Erscheinen unter em Donner zersprang und einen dicken Rauch zurückliess.

Am 17. Juli 1835 sah man zu Mailand am nördlichen Himmel grosse, hellleuchtende Feuerkugel mit einem lang nachschleppenden enschweife. Dieselbe Feuerkugel erschien zu Stuttgart und Heil am südlichen Himmel. Wenige Minuten nach ihrem Verschwinurde sowohl zu Mailand als auch in Würtemberg ein Knall gehört.

Am 12. Februar 1836 Morgens um $6^1/_2$ Uhr wurde zu Cherbourg Osten hin eine hellleuchtende Feuerkugel wahrgenommen, welche leutliche Rotationsbewegung zeigte und deren scheinbarer Durchr dem des Mondes fast gleichkam. Die anfangs langsam sich bede Feuerkugel schien bald nach ihrem Erscheinen stillzustehen, ch dann, einen weissen Schweif nach sich ziehend, pfeilschnell zu nen, und endlich in einer Entfernung von ungefähr 12 Meilen unter achem Knallen niederzufallen.

In der Nacht vom 4. auf den 5. Januar 1837 wurde bei Vichy, al und mehreren anderen Orten Frankreichs, sowie auch zu Basel, chen und Hildburghausen eine von Nord nach Süd fliegende kugel beobachtet, welche einen langen Schweif nach sich zog. Aus sammenstellung der an verschiedenen Orten gemachten Beobachn dieser Feuerkugel berechnete Petit ihren Durchmesser zu 2200 m, den in 1 Secunde durchlaufenen Weg zu 5200 Metern und Abstand von der Oberfläche der Erde zu 34 Meilen.

Am 6. Juli 1850 wurde zu Bordeaux und zu Toulouse eine von -Nord-West nach Süd-Süd-Ost ziehende Feuerkugel beobachtet. Bei s Erscheinen war sie nach Petit's Rechnungen 32, bei ihrem Veren noch 16 Meilen von der Erde entfernt. Ihren Durchmesser bente er zu 215 Meter, ihre Geschwindigkeit zu $9^1/_2$ Meilen in der nde.

Am 11. Juni 1867 wurde eine Feuerkugel an vielen weit von einr entfernten Orten beobachtet, so z. B. zu Salzburg, Annecy oyen), Genf, Bern, Basel, Frankfurt a. M., Bamberg, Badenen, zu Paris und Umgegend u. s. w.

Nach Mittheilungen von Hagenbach erschien das Meteor zu Bas[illegible] um $8^h$ 25′ als eine Feuerkugel, welche sich raketenartig schnell erh[illegible] in ihrem höchsten Punkte (45° von Nord nach West und 12½° über dem Horizont) etwas zu verweilen schien und sich dann langsam, aber mit beschleunigter Geschwindigkeit dem Horizonte wieder näherte. Nach dem Verschwinden des Meteors blieb ein feuriger Streifen zurück, der nach und nach wolkenartig weiss wurde und welcher anfangs eine schw[illegible] benförmige Gestalt hatte. Erst nach Verlauf einer vollen Stunde, wä[illegible] rend welcher eine Verrückung von ungefähr 3° nach Westen stattge[illegible] funden hatte, war die Erscheinung vollständig verschwunden.

Aus der Zusammenstellung der Beobachtungen von Basel, Gen[illegible] Baden-Baden und Paris hat Hagenbach geschlossen, dass die Feuer[illegible] kugel über einer 17 Meilen langen Strecke von Dünkirchen bis zu einem zwischen Cambrai und Avesnes gelegenen Punkte sich bewegt habe. Combinirt man die Angaben über die scheinbare Höhe des Meteors zu Basel mit denen von Paris, wo es in einer Höhe von 22½° über dem Horizont erschien und in einer Höhe von 16° erlosch, so fand das Au[illegible] blitzen in einer Höhe von 7 Meilen Statt.

Im 12. Jahrgang der Vierteljahrsschrift der naturforschen[illegible] den Gesellschaft in Zürich findet man eine interessante Zusamm[illegible] stellung verschiedener Beobachtungen dieses Meteors.

## 93 Höhe, Geschwindigkeit und Grösse der Feuerkugeln.

Wenn eine Feuerkugel gleichzeitig an zwei hinlänglich weit von ein[illegible] ander entfernten Orten beobachtet, d. h. wenn für jeden der beiden Beobachtungsorte die Stelle des Himmelsgewölbes bestimmt worden ist, auf welche das Meteor projicirt erschien, so lässt sich aus diesen An[illegible] gaben seine wahre Höhe über der Erdoberfläche berechnen. Da aber solche Meteore plötzlich und unvorhergesehen erscheinen und da sie auch rasch wieder verschwinden, so kann ihr scheinbarer Ort nicht durch Messung, sondern nur durch Schätzung bestimmt werden. Ferner kann von einer vollkommenen Gleichzeitigkeit der beiden Be[illegible] obachtungen auch keine Rede sein und somit ist klar, dass die Bestim[illegible] mungen der wahren Höhe des Meteors, wie solche bereits oben angeführt wurden, keinerlei Ansprüche auf Genauigkeit machen, so dass nur von einem groben Annähern an die Wahrheit die Rede sein kann. So [illegible] ist aber doch auf solche Weise ermittelt worden, dass die Feuerkugeln öfters bis zu einer Höhe von 1 bis 2 Meilen herabsteigen. Von ge[illegible] naueren Bestimmungen der Höhe der Sternschnuppen wird später die Rede sein.

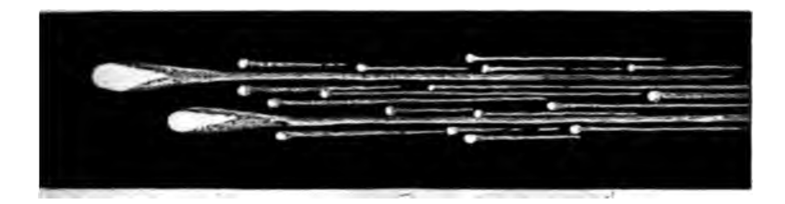
Was von der Bestimmung der wahren Höhe gesagt wurde, gilt auch für die Geschwindigkeit. Das Minimum der von Petit für ein[illegible] Feuerkugel berechneten Geschwindigkeit beträgt 2700 (ungefähr ⅓ Meile) das Maximum aber 76000 Meter (ungefähr 10 Meilen) in der Secunde.

Noch weit unsicherer als die Bestimmungen von Höhe und Ge[illegible]

rindigkeit sind die Bestimmungen der wahren Durchmesser der
erkugeln, welche Petit nach den ihm vorliegenden Angaben zu
0 bis 3900 Meter berechnet hat. Diese Dimensionen übertreffen die
sen der gefallenen Meteorsteinmassen so enorm, dass man sie nicht
mmenreimen könnte, wenn diese Differenz nicht dadurch ihre Er-
ung fände, dass die scheinbaren Durchmesser der Feuerkugeln in
e der Irradiation bedeutend vergrössert erscheinen.

Welch grossen Einfluss die Irradiation auf die Schätzung des schein-
n Durchmessers von Feuerkugeln ausübt, hat Julius Schmidt ge-
, welchem es gelang, zu Athen am 19. October 1863 Morgens früh
$2^h$ 55′ eine Feuerkugel teleskopisch zu beobachten. Das Fernrohr,
hes er hierbei benutzte, war ein Kometensucher von 8facher
rösserung und 4° (acht Monddurchmesser) Gesichtsfeld, welches auf
n besonders zu diesem Zweck construirten Stativ so aufgestellt war,
es leicht in 2 bis 3 Secunden auf eine beliebige Gegend des Himmels
htet werden konnte.

Fig. 149.



Zu der genannten Zeit zeigte sich am südlichen Himmel ein lang-
sich nach Westen bewegender Lichtpunkt von der Helligkeit eines
es 4. Grösse. Nach $2^s$ hatte er bereits die Helligkeit eines Sternes
össe und nach $4^s$ im grünen Lichte strahlend, die des Sirius erreicht.
ald wurde das Meteor immer nach Westen fortschreitend, so hell,
die Sterne am Nachthimmel verschwanden und die Stadt Athen in
em Lichte aufzulodern schien. In der 7. Secunde war der schein-
Durchmesser des Meteors schon so gewachsen, dass ihn Schmidt
Rücksicht auf die sicher sehr grosse Irradiation auf 10 bis 15 Bogen-
ten schätzte.

Im Ganzen war das lautlos verlaufende Phänomen 21 Secunden sicht-
und die scheinbare Länge seiner Bahn betrug 80°.

In der 7. Secunde richtete Schmidt das Fernrohr gegen das Meteor
konnte es in seiner langsamen Bewegung noch $14^s$ lang teleskopisch
lgen. Es bestand aus zwei grünstrahlenden Stücken von tropfen-
ger Gestalt, welche feuerrothe, ganz gerade, unter sich parallele
eife hinter sich herzogen. Den beiden grösseren Fragmenten folgte
anzer Schwarm kleinerer, gleichfalls grün strahlender, deren jedes

eine rothe Feuerlinie hinter sich herzog. In 3 bis 4 Grad Abstand den beiden Kernen flossen alle Schweiflinien in eine rothgelbe rund liche Masse zusammen.

Fig. 149 (a. v. S.) ist eine Copie der colorirten Abbildung des teors, welche man im 48. Bande der Sitzungsberichte der Wiener demie findet. Nach unmittelbarer Schätzung am Fernrohre betru scheinbare Durchmesser des grösseren voraneilenden Kernes ung 50 Bogensecunden. Da nun aber auch die Beobachtung durch das rohr noch mit einer namhaften Irradiation behaftet ist, so ist klar der Durchmesser des Meteors bei der Beobachtung mit unbewaff Auge mindestens 12 bis 18 Mal zu gross geschätzt worden ist.

94 **Kosmische Geschwindigkeit der Meteorite.** Unters wir nun, wie die oben besprochenen, aus den Beobachtungen abgeleit Geschwindigkeiten, mit welchen die Feuerkugeln in die Atmosphär treten, mit denjenigen Geschwindigkeiten übereinstimmen, welche zukommen müssen, wenn sie als kleine selbstständige Massen nach selben Gesetzen sich um die Sonne bewegen wie die Planeten od meten.

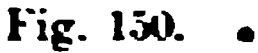
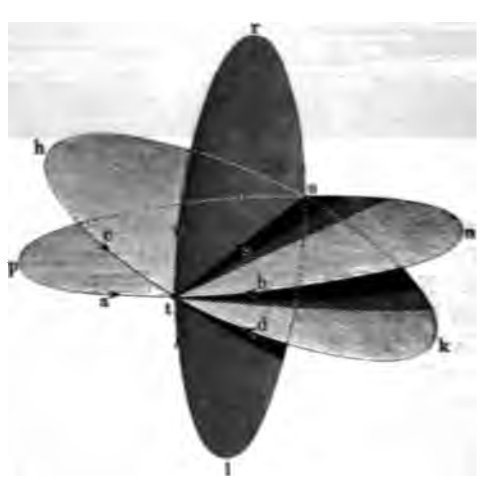


Fig. 150.




Für einen Punkt des Erdäquators ist die Geschwindigkei welcher er um die Erdaxe rotirt, 464 Meter in der Secunde, w die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn 30 400 Meter in der S beträgt. Nehmen wir nun an, dass ein Meteorit in der Erdbahn fortlaufe, aber in einer Richtung, welche der der Erde entgegen ist, so würden beide Körper (die Wirkung abgerechnet, welche d ziehung der Erde auf die Meteorite ausübt) mit einer Geschwin von 60 800 Metern gegen einander fahren.

In Fig. 150 sei *s* die Sonne, *ptno* sei die perspectivisch darge- ... Erdbahn, in welcher die Erde *t* in der Richtung des kleinen Pfeils ... rotirt, so wird sie also mit einem Meteoriten, der ihr in der gleichen ... in der Richtung des kleinen Pfeiles *b* entgegenläuft, mit einer re- ... Geschwindigkeit von 60 800 Metern zusammenstossen, während ... Meteorit, der sich in der gleichen Bahn wie die Erde und ... cher Richtung rotirt, die relative Geschwindigkeit gleich Null ...

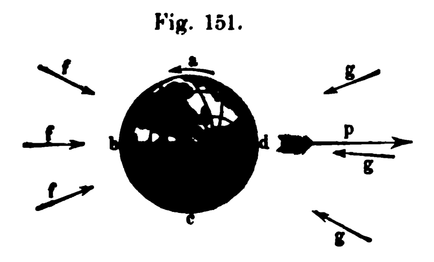
Nehmen wir dagegen an, dass der Meteorit in einem Kreise *tlor* ... Sonne liefe, welcher zwar gleichen Halbmesser mit der Erdbahn ... dessen Ebene aber rechtwinklig auf der Erdbahn steht, so würde ... Meteorit für den Fall des Zusammentreffens mit der Erde, die durch ... Erde bewirkte Beschleunigung ungerechnet, mit einer Geschwindig- ... von 30 400 Metern auf dieselbe stürzen, welches auch die Richtung ... ung, mit welcher der Meteorit den Kreis *tlor* durchläuft.

Macht aber die der Erdbahn gleiche kreisförmige Bahn des Meteo- ... mit der Ebene der Erdbahn einen Winkel zwischen 0 und 90 Grad, ... es z. B. für den Kreis *tkoh* der Fall ist, so liegt die relative Ge- ... indigkeit, mit welcher der Meteorit auf die Erde stürzt, zwischen ... d 30 400 Meter, wenn sich der Meteorit rechtläufig, also in der ... tung des kleinen Pfeiles *c* bewegt, zwischen 30 400 und 60 800, ... die Richtung seiner Bewegung rückläufig ist, wie es der kleine ... *d* andeutet.

So liessen sich also schon durch kreisförmige Bahnen der Meteorite ... verschiedenen Geschwindigkeiten, mit welchen dieselben auf die Erde ... en, bis zu einer Geschwindigkeit von 60 800 Meter in der Secunde ... ren.

Wenn sich aber die Sache so verhielte, wie wir oben angenommen ... n, wenn sich nämlich die die Erdbahn schneidenden Meteorite nahe- ... kreisförmigen Bahnen mit planetarischer Geschwindigkeit bewegten, ... rde die Erde der folgenden Betrachtung nach in den Abendstunden ... von Feuerkugeln getroffen werden können, wie es doch thatsäch- ... ler Fall ist.

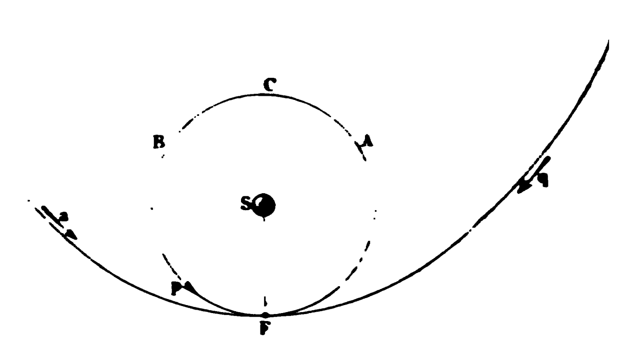
Fig. 151.




In Fig. 151 stelle *abcd* die Erdkugel dar, welche von der in der ... ung von *a* nach oben stehenden Sonne beschienen, in der Richtung

des kleinen Pfeiles bei *a* um ihre Axe rotirt und in der Richtung gefiederten Pfeiles bei *p* mit einer Geschwindigkeit von 30 400 Meter der Secunde fortschreitet. Die auf der Erdhälfte *a b c* gelegenen und namentlich die um *b* herumliegenden, für welche es gerade Ab ist, werden vorzugsweise nur von solchen Meteoriten getroffen w können, welche sich nahezu in der Richtung der kleinen Pfeile b also fast in gleicher Richtung sich bewegen wie die Erde selbst. Di der Richtung der Pfeile *f* sich bewegenden Meteorite würden aber Erde gar nicht einholen können, wenn ihre Geschwindigkeit nicht gr wäre als die der Erde, sie würden nicht als Feuerkugeln ersch können, wenn sie nicht mit bedeutender Geschwindigkeit in die atmosphäre eindrängen, wenn also ihre absolute Geschwindigkeit namhaft grösser wäre als 30 400 Meter in der Secunde.

Fig. 152.




Die Erscheinung von Feuerkugeln in den Abendstunden be also, dass die Meteorite die Erdbahn mit einer mehr als plan schen Geschwindigkeit schneiden. Ein Himmelskörper aber, we eben so weit von der Sonne entfernt wie die Erde mit einer m rechtwinklig zum Leitstrahl gerichteten Geschwindigkeit behaftet welche die Geschwindigkeit der Erde bedeutend übertrifft, muss wendig eine sehr langgestreckte Ellipse oder eine Parabel oder auch Hyperbel beschreiben.

In Fig. 152 sei *S* die Sonne, *A B F* die kreisförmige Bahn Erde. Der kleine Pfeil bei *p* bezeichne die Richtung, in welche Erde in ihrer Bahn fortläuft. Wenn nun *F* das Perihel für i einen in elliptischer Bahn um die Sonne laufenden Körper ist, so dessen Geschwindigkeit in *F* grösser sein als die Geschwindigkeit Erde in ihrer Bahn, also grösser als 30 400 Meter in der Secunde grösser aber die Geschwindigkeit ist, mit welcher der fragliche K

ihel bei $F$ passirt, desto grösser wird die grosse Axe der Ellipse
lche er beschreibt.

ese grosse Axe wird **unendlich**, d. h. die Ellipse geht in eine
l über, wenn sich die Geschwindigkeit des fraglichen Körpers zu
Erde verhält wie 1069 : 1512,2 (Mathem. Supplementband
nem Grundriss der Physik. 2. Aufl. S. 346) oder genauer wie

Wenn sich also ein Körper in einer parabolischen Bahn um
ne bewegt, deren Periheldistanz gleich dem Halbmesser der Erd-
t, so wird dieser Körper das Perihel mit einer Geschwindigkeit
, welche

$$30400 \cdot \sqrt{2} = 43\,107 \text{ Meter}$$

und dies ist das Maximum der Geschwindigkeit, mit welcher
h den Gravitationsgesetzen ein Weltkörper bewegen kann, wenn
in gleichem Abstand von der Sonne befindet wie die Erde, seine
üsste denn eine hyperbolische sein.

ss die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn sich wie 1 zu $\sqrt{2}$
Geschwindigkeit verhält, mit welcher ein in parabolischer Bahn
egender Weltkörper sein Perihel passirt, wenn die Periheldistanz
em Abstand der Erde von der Sonne ist, lässt sich auch folgen-
sen beweisen:

Fig. 153.

Es sei $agh$ die kreisförmige Bahn, welche die Erde um die Sonne beschreibt, $lan$ aber sei die parabolische Bahn eines Meteoriten, welcher in $a$ die Erdbahn tangirend in $a$ zugleich ihr Perihel hat; ferner stelle $ab$ den Raum dar, um welchen ein in $a$ befindlicher Körper in der Zeiteinheit gegen die Sonne in $S$ fallen würde, wenn er nicht mit einer bestimmten Tangentialgeschwindigkeit in $a$ ankäme, so ist $bc$ die rechtwinklig gegen $at$ gerichtete Tangentialgeschwindigkeit, mit welcher ein Körper den Punkt $a$ passiren muss, wenn er den Kreis $agh$ und $bd$ ist die Geschwindigkeit, mit welcher er den Punkt $a$ passiren muss, wenn er die Parabel $lan$ beschreiben soll. Nun aber ist die Gleichung des Kreises

$$y^2 + (x - r)^2 = r^2$$

oder

$$y^2 = (2r - x)\,x \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1)$$

an $a$ zum Anfangspunkt der Coordinaten und die Linie $at$ zur
naxe (Axe der $x$) nimmt. Die Gleichung der Parabel aber ist

$$y_1^2 = 4rx \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 2)$$

ir die Parabel-Ordinaten zum Unterschied von den Kreisordi-
it $y_1$ bezeichnen.

So lange die Abscisse $x$ (also $ab$) sehr klein, also auch verschwin-dend klein gegen $r$ ist, geht die Gleichung 1) über in

$$y^2 = 2rx \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; .$$

es ist also auch für hinlänglich kleine Werthe von $x$

$$y_1^2 = 2y^2$$
$$y_1 = y\sqrt{2}$$
$$bd = bc\sqrt{2}.$$

Es sei nun $PFR$ (Fig. 152) die eine parabolische Bahn, deren Perihel-distanz $SF$ gleich dem Halbmesser der Erdbahn ist; wenn die Ebene dieser Bahn mit der Ebene der Erdbahn zusammenfällt, so würde Erde und Meteorit für rückläufige Bewegung des letzteren (Pfeil bei $b$) in $F$ mit einer relativen Geschwindigkeit in $F$ zusammenstossen, welche gleich ist

$$30\,400 + 43\,107 = 73\,507 \text{ Metern}$$

in der Secunde, eine Geschwindigkeit, welche durch die anziehende Wirkung, welche die Erde auf den Meteorit ausübt, noch gesteigert wird, so dass das Maximum der Geschwindigkeit, welches Petit aus Beobachtungen abgeleitet hat, seine volle Erklärung findet.

Wenn sich der Meteorit in der Parabel $PFR$ rechtläufig, also in der Richtung des kleinen Pfeiles $a$ bewegt, so würde die relative Geschwindigkeit beim Zusammenstoss in $F$

$$43\,107 - 30\,400 = 12\,707 \text{ Meter sein.}$$

Für den Fall, dass die parabolischen Bahnen der Meteorite nicht mit der Ebene der Erdbahn zusammenfielen, sondern dass, wie es wohl stets der Fall ist, die Ebene der Parabel einen mehr oder minder grossen Winkel mit der Ebene der Erdbahn macht (in ähnlicher Weise, wie wir es oben für kreisförmige Bahnen betrachtet haben), wird dann die relative Geschwindigkeit, mit welcher die Meteorite auf die Erde stürzen, zwischen den beiden Gränzwerthen von 12 707 und 73 507 Metern liegen.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Meteorite in die Atmosphäre eindringen, wird allerdings durch die Anziehung, welche die Erde auf sie ausübt, etwas, aber verhältnissmässig doch nur wenig, beschleunigt. Ebenso bringt die Anziehung der Erde eine meist gleichfalls unbedeutende Ablenkung der Meteorite von ihrer Bahn hervor, welche nur für diejenigen merklich wird, welche ohne diese Anziehung die Erdatmosphäre nur gestreift haben würden.

95 **Die Lichterscheinung der Meteorite.** Durch die enorme Geschwindigkeit, mit welcher die Meteorite in die Erdatmosphäre eindringen, erklärt sich nun auch die Lichterscheinung, durch welche sie uns sichtbar werden. Trotz der grossen Verdünnung der Luft in den höheren Regionen ist nämlich der Widerstand, welcher sich dem Eindringen der Meteorite in die Atmosphäre entgegenstellt, so bedeutend, dass dieselben alsbald ihre kosmische Geschwindigkeit verlieren. Der Verlust an lebendiger Kraft, welchen die Aërolithen auf diese Weise erleiden, ist aber nothwendig von einer entsprechenden Wärmeentwicke-

begleitet, welche vollkommen hinreichend ist, sie bis zum lebhaften glühen zu erhitzen, wie sich aus folgender Betrachtung ergiebt. Es sei $m$ die Masse der Luft, welche der Meteorit in einer Secunde ingt, und $v$ die mittlere Geschwindigkeit, mit welcher er sich wäh- dieser Secunde bewegt, welche er also der verdrängten Luftmasse theilen musste, so ist die Arbeitsleistung, welche dem Verlust des riten an lebendiger Kraft entspricht,

$$A = m \frac{v^2}{2g},$$

$g$ die beschleunigende Kraft der Schwere auf der Erde, also 9,8 ist. Für $m$ haben wir aber den in Kilogrammen ausgedrückten

$$m = f \,.\, l \,.\, \delta,$$

$f$ den auf seiner Bahn rechtwinkligen Querschnitt des Projectils in Quadratdecimetern ausgedrückt,
den in Decimetern ausgedrückten Weg des Projectils in 1" (also $l = 10\ v$) und
die mittlere Dichtigkeit der durchlaufenen Luftschicht
hnet. Wir haben also

$$m = f\,\delta\, 10 \,.\, v$$

$$A = f\,\delta\, 10\, v \frac{v^2}{2g}$$

$$A = f\,\delta\, \frac{v^3}{2},$$

wir $g$ in runder Zahl gleich 10 setzen.
Nehmen wir an, die mittlere Dichtigkeit der durchlaufenen Luft- t sei 10 000 mal geringer als die Dichtigkeit der Luft am Meeres- l, so ist $\delta = 0{,}00000013$ (Wasser gleich 1 gesetzt). Nehmen wir $v = 30\,000$ Meter und $f = 1$ Quadratdecimeter, so ergiebt sich

$m = 0{,}039$ Kilogramm und
$A = 1\,755\,000$ Meterkilogramm.

echanischen Arbeit $A$ entspricht aber die Entwickelung von

$$w = \frac{A}{424} = 3903 \text{ Wärmeeinheiten},$$

freilich vorausgesetzt ist, dass der Meteorstein rechtwinklig zu Bewegungsrichtung durch eine ebene Fläche begränzt ist. Ist er m nach dieser Seite hin durch eine sphärische oder conische Ober- begränzt, so ist der zu überwindende Luftwiderstand freilich als er oben angenommen wurde, dagegen wird aber auch der stein beim Eindringen in die Atmosphäre auf seinem 30 000 Meter Wege sehr bald zu Luftschichten kommen, welche bedeutend sind, als es bei obiger Rechnung angenommen wurde.

Um nun zu berechnen, welche Temperaturerhöhung durch di bestimmte Wärmeentwickelung erzeugt wird, haben wir die Gleich

$$MSt + mst = w$$

oder

$$t = \frac{w}{MS + ms},$$

wenn $t$ die fragliche Temperaturerhöhung, $M$ die Masse und $S$ d cifische Wärme des Meteoriten, $m$ die Masse und $s$ die specifische ' der verdrängten Luftsäule bezeichnet, wobei noch ferner voraus ist, dass die gesammte Wärmeentwickelung $w$ nur der Temper höhung des Steins und der verdrängten Luftmasse zu gute kommt

Ist der Meteorstein ein Silicat, so können wir für $S$ nahe Werth 0,2 setzen. Den gleichen Werth dürfen wir ohne merklichen (da es sich hier ja ohnehin nicht um genaue Bestimmungen l kann) auch für $s$ in Rechnung bringen. Ferner können wir ann dass die Masse $M$ des Meteorits bei 1 Quadratdecimeter Querschn gefähr 3 Kilogramm beträgt. Setzen wir nun diese Werthe von und $s$, und die oben berechneten Werthe für $w$ und $m$ in die Gleichung, so kommt

$$t = 6398^{\circ}\ C.$$

Schon die Hälfte, ja der vierte Theil dieser Temperaturerhöhung hinreichen, den Meteorit in die hellste Weissgluth zu versetzen u zu schmelzen.

Wenn die obigen Entwickelungen auch nicht entfernt Anspr Genauigkeit machen, so genügen sie doch vollständig, um darzuthu der Widerstand der Luft, welchen die mit planetarischer Geschwin in die Erdatmosphäre eindringenden Meteorite zu überwinden hal Stande ist sie bis zur Weissgluth zu erhitzen und dass man nicht hat, anzunehmen, dass die Meteorite mit einer Hülle brennbare umgeben seien, welche sich beim Eindringen in die sauerstoff Erdatmosphäre entzündet.

Aus den obigen Betrachtungen geht wenigstens mit Sicherh vor, dass die kleinen, mit grosser Geschwindigkeit in die Atm eintretenden Meteorite durch den Luftwiderstand zu einer Tem erhitzt werden, welche nicht allein ihre glänzende Erscheinung sondern welche auch hinreicht, ihre völlige Zerstörung und Auflös bewirken. Nur grössere und mit geringerer Geschwindigkeit mende Massen werden bis in die tieferen Schichten der Atmosphä dringen und hier entweder ebenfalls vollständig aufgelöst oder nu weise zerstört, so dass ihre Reste als Aërolithen auf die Erde fall

Die Atmosphäre bildet also eine Art von Panzer, durch wel Erde vor Meteorsteinfällen geschützt wird; ohne dieselben wä einem höchst verderblichen Bombardement ausgesetzt.

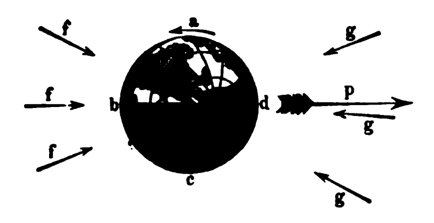
Der Luftwiderstand erklärt auch, zum Theil wenigstens, die l ..., dass Feuerkugeln oft von ihrer geraden Bahn abbiegen

gar zurücklaufen; bei unregelmässiger Gestalt der Aërolithen kann ein iches Zurücklaufen in ähnlicher Weise erfolgen, wie bei dem unter m Namen des **Bumerangs** bekannten Wurfinstrument der Australier.

**Sternschnuppen.** Die Sternschnuppen sind von den Feuer- 96 geln nur quantitativ, nicht qualitativ verschieden. Solche feurige Meorite, welche uns grösser erscheinen als Jupiter und Venus, werden in r Regel als **Feuerkugeln** bezeichnet, während man die kleineren ernschnuppen nennt. Die Sternschnuppen werden also vorzugsise von solchen Meteoriten herrühren, deren gänzliche Auflösung schon den höheren Regionen der Atmosphäre unter glänzender Lichterscheing stattfindet. Es vergeht wohl kaum eine Nacht, in welcher man bei iterem Himmel nicht mehrere Sternschnuppen beobachtet, und zwar scheinen zur Mitternachtszeit in einer Stunde durchschnittlich 4 bis 5, ch anderen Beobachtern 6 bis 8 Sternschnuppen. Vor Mitternacht scheinen sie etwas spärlicher, nach Mitternacht etwas häufiger und ar am häufigsten gegen 3 Uhr Morgens.

Es erklärt sich dies, wie **Schiaparelli** zeigte, ganz einfach auf gende Weise. In Fig. 154 stelle *abcd* die Erdkugel dar, welche von r nach obenhin befindlichen Sonne beschienen wird, so dass auf der einen dhälfte *dab* Tag, auf der anderen *bcd* aber Nacht ist. Die Erde rot um ihre Axe in der Richtung des kleinen Pfeiles bei *a*, während sie ihrer Bahn in der Richtung des grossen Pfeiles bei *p* fortläuft. Die chtläufig, also ungefähr parallel der Richtung der kleinen Pfeile bei *f*,

Fig. 154.




er schneller als die Erde sich bewegenden Meteorite werden die Erdlfte *abc* treffen, während die **rückläufig**, also nahezu parallel der ichtung der kleinen Pfeile bei *g*, im Weltraume fortlaufenden Meteorite e andere Erdhälfte *cda* treffen. Da nun aber die mit grösserer Geschwindigkeit auf die Erde eindringenden **rückläufigen** Meteorite hon in den höheren Luftregionen ins Glühen kommen, also vorzugsise Sternschnuppen erzeugen, so werden sich, gleiche Vertheilung der eteorite nach den verschiedenen Bewegungsrichtungen vorausgesetzt, e zahlreichsten Sternschnuppen an den Orten der Erde zeigen müssen, lche sich eben zwischen *c* und *d* befinden, welche also bereits in die eite Hälfte der Nacht eingetreten sind. Die Orte zwischen *b* und *c*,

für welche die Nacht noch nicht bis zur Mitternachtsstunde vorgesch ist, werden dagegen von Meteoriten rechtläufiger Bewegungsri getroffen, welche ihrer geringeren relativen Geschwindigkeit zur wegen erst in tieferen Luftregionen zum Glühen kommen, also Feuerkugeln und Meteorsteinfälle liefern.

Man kann zu dem gleichen Resultate auch durch folgende Be tung kommen. Wäre die Erde unbeweglich im Weltraume, währe Meteorite von allen Seiten her mit gleicher Häufigkeit auf dieselb dringen, so würden alle Theile der Erdoberfläche auch in gleicher Weise getroffen werden, die Häufigkeit der Sternschnuppen müs alle Stunden der Nacht die gleiche sein. Ständen dagegen die Met unbeweglich im Weltraume, während die Erde in ihrer Bahn for so würden alle Stösse nur auf der vorderen Halbkugel (*cda* in Fig erfolgen, die in der Richtung der Erdbewegung liegt. Unter Umständen würden also Sternschnuppen überhaupt nur an denj Orten der Erdoberfläche erscheinen können, für welche der Ort des melsgewölbes, nach welchem sich die Erde eben hinbewegt, über Horizont ist.

Diesen Punkt nennt Schiaparelli den Apex, während A ihn als Fliehpunkt bezeichnet haben. Zur Zeit des Sommersol liegt der Apex im Sternbild der Jungfrau, zur Zeit des Wintersol aber liegt er im Sternbild der Fische. Der Apex liegt im St der Zwillinge zur Zeit der Frühlings- und im Sternbild des Sc zur Zeit des Herbstäquinoctiums.

Befänden sich also die Meteorite unbeweglich im Weltraume, rend die Erde in ihrer Bahn fortläuft, so könnten Sternschnupp an solchen Orten erscheinen, für welche der Apex über dem Hor steht, und zwar würde ihre Häufigkeit mit der Höhe des Apex übe Horizont zunehmen.

Da nun aber keiner der eben besprochenen Gränzfälle statt sondern Erde und Meteorite sich im Weltraume bewegen, so wir in Beziehung auf die Erscheinung der Meteore ein Mittelzustan treten, die Häufigkeit der Sternschnuppen wird im Allgemeinen m Erhebung des Apex über den Horizont zunehmen müssen.

So erklärt sich denn auch die Thatsache, dass ausser der täg auch noch eine jährliche Periode der Sternschnuppen auftritt, dieselben im Allgemeinen in den Herbstmonaten am häufigsten ersch denn in den Herbstmonaten steht der Apex in den Morgenstunden über dem Horizont, während er sich im Frühling in den Morgenst nicht hoch über denselben erhebt.

97 **Die periodischen Sternschnuppenfälle.** Eine höchst würdige Erscheinung sind die periodisch wiederkehrenden S schnuppenschwärme, welche man in der Zeit vom 12. bis 14 vember und am 10. August (dem Fest des heiligen Laurentiu

htet; das letztere Phänomen wird in England schon in einem alten enkalender unter dem Namen der **feurigen Thränen des heili-** Laurentius als eine wiederkehrende Erscheinung erwähnt.

Durch Humboldt wurde die Aufmerksamkeit auf das Novembernomen gelenkt, indem er nachwies, dass dasselbe im Jahre 1799 in rika mit überraschender Pracht auftrat und vom Aequator bis nach land sichtbar war. Es war ein förmlicher Regen von Sternschnuppen. Im Jahre 1832 wiederholte sich die Erscheinung in ähnlicher Weise, man sie 1799 beobachtet hatte, im Jahre 1833 aber entwickelte sie in einer Grossartigkeit, welche alle früheren Erscheinungen des nberschwarmes weit übertraf. Auch diesmal blieb die Erscheinung Nordamerika beschränkt. Die Sternschnuppen schienen fast wie eflocken zusammengedrängt, so dass innerhalb 9 Stunden ihrer über 00 fielen.

Olmstedt machte bei Gelegenheit des Sternschnuppenfalles im Noer 1833 die wichtige Entdeckung, dass die meisten dieser Meteore **einem und demselben Punkte des Himmels auszustrahlen** inen, d. h. wenn man in einer Sternkarte oder noch besser auf n Himmelsglobus die scheinbaren Bahnen der beobachteten Sternppen einzeichnet, so bilden sie meist gerade Linien, die von einem mselben Punkte, dem **Radiationspunkte**, aus divergiren. Nach tedt's Beobachtungen beträgt die Rectascension des Radiationss für die Sternschnuppen des 13. November 150° und seine nörd-Declination 21°, er liegt also ganz in der Nähe des Sternes $\gamma$ im n Löwen. Nach späteren genaueren Bestimmungen liegt der Raspunkt des Novemberschwarmes bei $\varepsilon$ leonis.

Nach der Vermuthung von Olbers soll die Erscheinung des Maxis des Novemberphänomens an eine Periode von 34 Jahren gebunden während der amerikanische Astronom H. A. Newton aus der Verung älterer Nachrichten über Sternschnuppenfälle eine Periode von hren abgeleitet hatte. Demnach hatte man in den Morgenstunden 4. November 1866 wieder eine massenhafte Erscheinung von Sternppen zu erwarten.

In Folge dieser Vorhersagung hatte man sich an vielen Orten auf Beobachtung der Erscheinung gerüstet, und in der That zeigte sie n Europa, so weit nicht die ungünstige Witterung die Beobachtung rte, sehr brillant. Von den vielen darüber eingelaufenen Berichten n wir nur anführen, dass man in Greenwich

| | | |
|---|---|---|
| zwischen 12 und 1 Uhr . . . | 2032 | Sternschnuppen |
| „ 1 „ 2 „ . . . | 4860 | „ |
| „ 2 „ 3 „ . . . | 832 | „ |

te. Zu Berlin beobachtete man um

| | | |
|---|---|---|
| 1 Uhr 50 Minuten . . | 43 | Sternschnuppen |
| 2 „ — „ . . | 55 | „ |
| 2 „ 10 „ . . | 48 | „ |

in der Minute. Merkwürdig ist es jedenfalls, dass an allen Beol tungsorten Europas das Maximum der Sternschnuppenzahl sehr gleichzeitig auftrat, nämlich kurz nach 2 Uhr Berliner Zeit.

In Amerika scheint das Phänomen im Jahre 1866 weniger glä gewesen zu sein als in Europa. Im Jahre 1867 sowohl als auch ist das Novemberphänomen wieder in ungewöhnlicher Entfaltun obachtet worden. Im Jahre 1867 kam dieser Schwarm name wieder in Nordamerika in der glänzendsten Weise zur Erscheinun gleich der helle Mondschein die Beobachtung störte.

In den Jahren 1866, 1867 und 1868 hat man an verschie Beobachtungsorten den Radiationspunkt des Novemberschwarmes z stimmen gesucht und ist zu Resultaten gekommen, welche alle n mit dem bereits von Olmstedt ermittelten zusammenfallen, w sich dann ergiebt, dass die gerade Linie, welche man von dem ε leonis zu der Stelle gezogen denken kann, welche die Erde i Nacht vom 13. auf den 14. November passirt, nahezu die rel Richtung angiebt, in welcher die Meteoriten des Novemberschw auf die Erde einzudringen scheinen.

Der Radiationspunkt der Sternschnuppen des 10. August is den Beobachtungen von Heis, der sich überhaupt um die Erfors der Sternschnuppen hervorragende Verdienste erworben hat, der Algol im Perseus, wesshalb Schiaparelli die Augustmeteore mi Namen der Perseiden bezeichnet. Dieser Bezeichnung entspre hat man die Meteoriten des Novemberschwarmes Leoniden genan

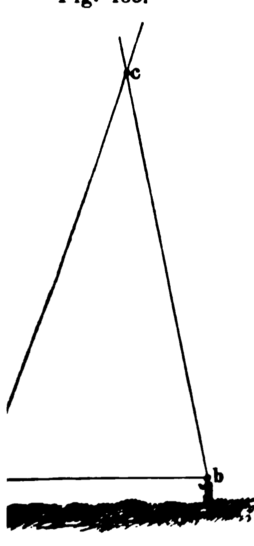
Uebrigens hat Heis gefunden, dass unter den Sternschnupp Novemberschwarmes sowohl wie auch unter denen des Augustschw auch solche vorkommen, welche anderen Radiationspunkten zuge als die oben genannten und dass es auch für minder dichte Sterns penschwärme anderer Zeiten solche Radiationspunkte giebt.

Die Erscheinung der Sternschnuppen im August zeigt wes Unterschiede von denen des Novembers, welche Boguslawski i gender Weise charakterisirt. 1) Das Augustphänomen zeigt in der mehrere Tage vor und nach dem Maximum der Erscheinung sei kunft durch eine grössere Anzahl von Sternschnuppen an, währe Novemberphänomen fast immer plötzlich eintritt. 2) Die Int der Erscheinung ist bei den Meteoren des August weit geri Schwankungen unterworfen als das Novemberphänomen und diese immer an Pracht und Fülle überlegen, ausser bei den Maxim letzteren, welche alle 33 bis 34 Jahre auftreten.

Um die Höhe zu bestimmen, in welcher die Sternschnuppe blitzen und erlöschen, brachte Heis in den Jahren 1851 und 18 Vortheil den elektrischen Telegraphen zu correspondirenden Sterns penbeobachtungen in Anwendung. Nach den correspondirende obachtungen, welche im Jahre 1866 während des Novemberschw Berlin und Brandenburg angestellt wurden, betrug die mittlere

leuchtens 20, die des Verschwindens 11 geographische Meilen.
m ihm zugegangenen Material über die Novembermeteore be-
e Heis die mittlere Höhe beim Aufleuchten zu 15, die beim Er-
zu 8 Meilen. Nach den zu Richmond und Washington an-
m correspondirenden Beobachtungen ergab sich die mittlere Höhe
Meilen für das Aufleuchten und 11 Meilen für das Erlöschen.
62 hat Secchi für die correspondirenden Beobachtungen zu Rom
ita Vecchia, welche Orte $8^3/_4$ Meilen von einander entfernt sind,
lls den elektrischen Telegraphen in Anwendung gebracht. Es ergab
s diesen Beobachtungen, dass für die in der Nähe des Zeniths
nden Sternschnuppen die Parallaxe nicht unter 20 bis 30 Grad
Stellt also in Fig. 155 $a$ einen Beobachter in Rom, $b$ einen
in Civita Vecchia dar, während $c$ das von beiden gleichzeitig beobachtete Meteor ist, so war der Winkel $acb$, unter welchem sich die von $a$ und $b$ nach dem Meteor bei $c$ gerichteten Visirlinien schnitten, nicht kleiner als 20 bis 30 Grad; daraus aber folgt, dass die Höhe der Meteore über dem Boden höchstens 25 Meilen betrug.

Fig. 155.




Aus der scheinbaren Bahn einer Sternschnuppe (stella cadente, wie die Italiener sehr bezeichnend sagen) und der Zeitdauer, welche sie braucht, um diese Bahn zu durchlaufen, kann man die wahre Länge des leuchtend durchlaufenen Weges und ihre wahre Geschwindigkeit berechnen, vorausgesetzt, dass die Entfernung des Meteors vom Beobachter bekannt ist. Die Zeit vom Aufleuchten einer Sternschnuppe bis zu ihrem Erlöschen beträgt im Durchschnitt nur $^1/_2$ Secunde, der (für eine mittlere Höhe von 15 Meilen) berechnete wahre Weg
sich im Durchschnitt gleich 40 000 bis 60 000 Meter, also eine
ndigkeit von 80 000 bis 120 000 Meter in der Secunde, eine Ge-
igkeit, welche die oben auf Seite 234 besprochene parabolische
ndigkeit weit übersteigt, was aber wohl nur daher rührt, dass
weder die Dauer der Erscheinung zu kurz oder die scheinbare
a lang geschätzt hat. Jedenfalls geht daraus hervor, dass die
Geschwindigkeit, mit welcher die Sternschnuppen in die Erd-
äre eintreten, nicht merklich geringer ist als die parabolische
ndigkeit.

s der beobachteten Lichtstärke einer Sternschnuppe kann man
Masse schliessen, wenn ihre Entfernung bekannt ist. A. Her-

schel hat dies für einige Sternschnuppen ausgeführt, welche gleich
an verschiedenen Orten Englands in den Nächten vom 9. und 1(
gust 1863 beobachtet worden waren, und folgende Resultate gefun

| | | |
|---|---|---|
| Glanz wie Jupiter | . . . . | 2996 Gramm, |
| „ „ Sirius | . . . . | 358 „ |
| „ „ Wega | . . . . | 29 „ |
| „ „ $\alpha$ Persei | . . . | 6 „ |

Da die Lichtstärke der meisten Sternschnuppen aber weit unter de
oben angeführten hellen Gestirne steht, so wird ihre Masse au
Bruchtheile eines Grammes betragen. Die Dichtigkeit der M
schwärme, selbst zu Zeiten, wo sie das Maximum der Sternsch
liefern, ist immerhin eine äusserst geringe. Nach den Berlin
obachtungen des Novemberschwarmes von 1867 beträgt für die Z
Maximums der Sternschnuppenzahl der Abstand je zweier benach
Meteore 15 bis 20 geographische Meilen und nach den in dem
Jahre zu Washington und Richmond angestellten Beobachtung
Sternschnuppenfalles vom 13. auf den 14. November kommt je e
teor auf einen Raum von ungefähr 14 000 (geographischen) Kubik

97 **Die Bahnen der Meteoriten im Weltraume.** U
periodischen Sternschnuppenfälle zu erklären, muss man ann
dass die entsprechenden Meteoritenschwärme geschlossene Ringe
in welchen sie nach den Kepler'schen Gesetzen um die Sonne
und welche an bestimmten Stellen die Erdbahn schneiden. Früher
man an, dass diese Meteoritenbahnen planetarischer Natur, d
also wenig excentrische Ellipsen seien. Genauere Untersuch
haben aber gezeigt, dass diese Annahme unhaltbar sei, indem d
schwindigkeit, mit welcher die Meteorite der Erde begegnen, ei
bedeutendere ist, als sie nach der planetarischen Hypothese sein 

Man muss deshalb annehmen, dass die Bahnen der Mete
welche uns die periodischen Sternschnuppen bringen, langgest
Ellipsen sind, welche die Erdbahn in einem ihrem Perihel nahen
schneiden und welche ihrer ganzen Ausdehnung nach mehr oder 
dicht mit Meteoriten besetzt sind.

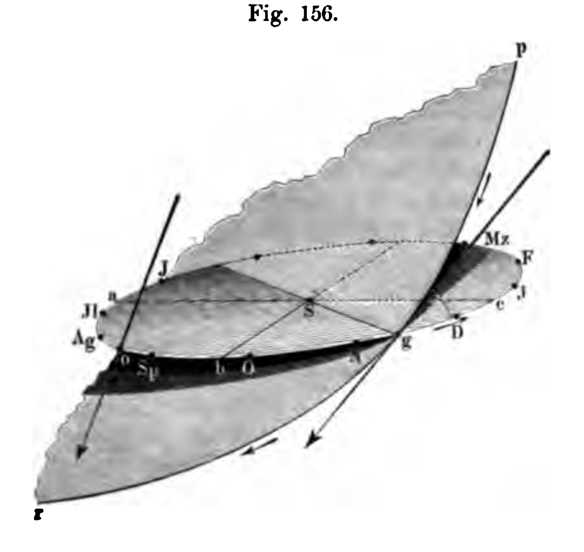
Wie wir aber bereits in §. 87 gesehen haben, fällt eine sehr
trische elliptische Bahn in der Nähe ihres Perihels so nahe mit de
bolischen des gleichen Brennpunktes und des gleichen Perihels zus
dass man an dieser Stelle ohne merklichen Fehler die Parabel f
Ellipse substituiren, also als erste Annäherung einer parabolischen
der Meteoriten berechnen kann.

Eine Parabel ist bestimmt, wenn ihr Brennpunkt, ein Pun
Curve und die Richtung der Tangente gegeben ist, welche in 
Punkte die Parabel berührt. Diese Data lassen sich nun in der
parabolische Bahnen überhaupt vorausgesetzt, für die bei period
Sternschnuppenfällen auf die Erde stürzenden Meteorite ermitteln

e nämlich bildet den Brennpunkt der parabolischen Bahn; ein Punkt elben ist die Stelle, welche die Erde zu der Zeit einnimmt, in welcher r Sternschnuppenschwarm dieselbe trifft. Die Richtung der diesem nkte der Meteoritenbahn entsprechenden Tangente ergiebt sich, wenn r Radiationspunkt für den Sternschnuppenfall bekannt ist. Eine vom diationspunkte zu der Stelle gezogene Linie, welche die Erde in dem glichen Momente einnimmt, ist die Richtung, in welcher die Meteoriten f die Erde zu stürzen scheinen, es ist die Richtung der relativen wegung der Meteoriten gegen die Erde. Aus dieser relativen Rich- g kann man aber die absolute Richtung im Weltraume bestimmen, welcher sie auf die Erde treffen.

In Fig. 156 sei z. B. $S$ die Sonne, $abc$ die perspectivisch gezeich- e Erdbahn, auf welcher die Stellen bezeichnet sind, in welchen sich Erde zu Anfang eines jeden Monats befindet. In $a$ befindet sie sich

Fig. 156.




Zeit des Sommer-, in $c$ zur Zeit des Wintersolstitiums, in $b$ aber zur t des Herbstäquinoctiums. Mit $o$ und $g$ sind die Stellen bezeichnet, welchen sich die Erde zur Zeit des August- und des Novemberphä- ens befindet. Der durch den Punkt $g$ gelegte grosse Pfeil giebt die tung der Tangente an, welche man sich im Punkte $g$ an die para- che Bahn der Novembermeteore gelegt denken kann. Die durch Sonne $S$ und den Pfeil $g$ gelegte Ebene ist die Ebene der Bahn der embermeteoriten, von welcher in unserer Figur nur das Stück $pgr$ ichnet ist.

In gleicher Weise stellt der durch $o$ gelegte Pfeil die Richtung dar, welcher die Meteorite des Augustphänomens den Punkt $o$ der Erd- n passiren.

Folgendes sind nach Schiaparelli's Rechnung die Elemente ( parabolischen Bahn der Perseiden:

| | |
|---|---|
| Länge des Perihels . . . . | 343° 38′ |
| Länge des aufsteig. Knotens . | 138° 16′ |
| Neigung der Bahn . . . . . | 64° 3′ |
| Periheldistanz . . . . . . | 0,964° 3′ |
| Bewegung . . . . . . . | rückläufig. |

Da das Augustphänomen in jedem Jahre mit nahezu gleicher tensität auftritt, so müssen wir annehmen, dass die Bahn der Perse ihrer ganzen Ausdehnung nach gleich dicht mit Meteoriten besetzt muss. Anders verhält es sich mit dem Novemberschauer, für welc nach 33,25 Jahren ein Maximum der Intensität auftritt. Es deutet darauf hin, dass eine Stelle des elliptischen Ringes weit dichter Meteoriten besetzt sein muss, als der übrige Theil desselben, und da d dichtere Stelle nach je 33,25 Jahren wieder zum Perihel zurückkehrt ist dadurch die Umlaufszeit der Leoniden gegeben.

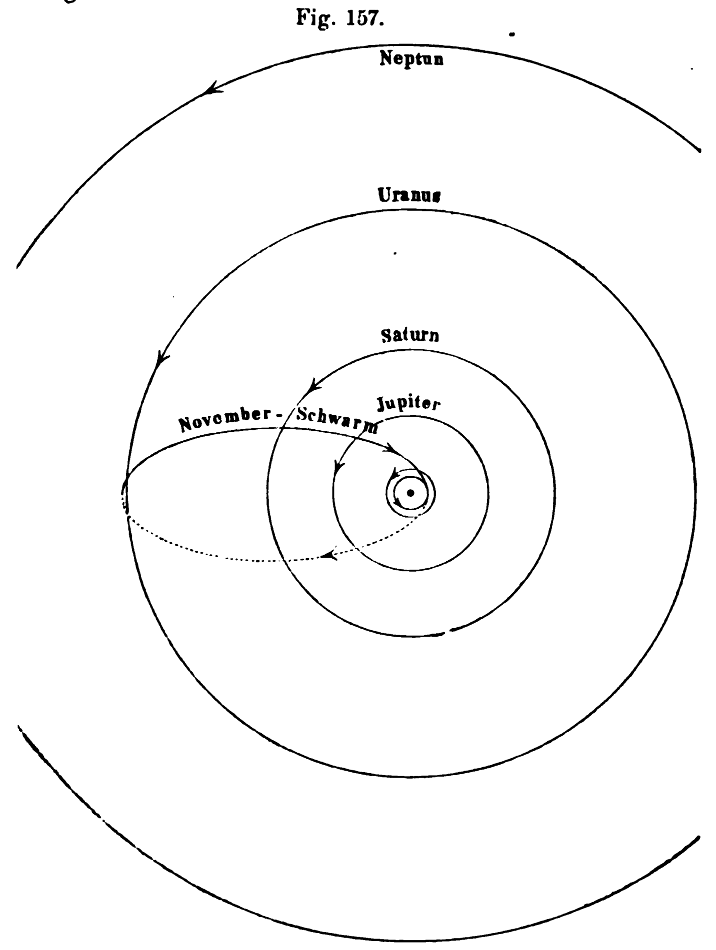
Ist aber ausser den Daten, deren man bedarf, um eine paraboli Bahn für einen Meteoritenschwarm zu berechnen, auch noch die laufszeit desselben bekannt, wie dies für den Novemberschwarm wirk der Fall ist, so lässt sich nach derselben die elliptische Bahn des Sch mes berechnen. So sind nach Schiaparelli's Berechnung Folgendes Elemente der elliptischen Bahn des Novemberschwarmes.

| | | |
|---|---|---|
| Periheldurchgang 1866 . . . . . | November | 10,1 |
| Durchg. durch den niederst. Knoten | „ | 13,5 |
| Länge des Perihels . . . . . . | | 56° 25′ |
| Länge des aufsteigenden Knotens . | | 231° 28′ |
| Neigung der Bahn . . . . . . | | 17° 44′ |
| Periheldistanz . . . . . . . . | | 0,9873 |
| Excentricität . . . . . . . . | | 0,9046 |
| Halbe grosse Axe . . . . . . | | 10,34 |
| Umlaufszeit . . . . . . . . | | 33,25 Jahr |
| Bewegung . . . . . . . . . | | rückläufig. |

Die Apheldistanz des Novemberschwarmes beträgt demnach 19,69 weiten, sie ist also nur um weniges grösser als die Entfernung Uranus von der Sonne. Nach den obigen Daten ist in Fig. 157 Projection der Bahn des Novemberschwarmes auf die Ebene der Ekli gezeichnet, und zwar ist der Theil der Bahn punktirt, welcher sü von der Ebene der Ekliptik, oder wie wir sagen wollen, unter dersel liegt. Während also der Novemberschwarm in seinem niedersteigen Knoten ganz nahe seinem Perihel die Erdbahn schneidet, liegt sein steigender Knoten sowohl wie auch sein Aphel der Uranusbahn nahe; dagegen geht der Novemberschwarm hoch über und unter Saturns- und Jupitersbahn her. Wir sehen also, dass die Bahnen Meteorite in unserem Sonnensystem ganz gleicher Art mit den Kom

sind, nämlich parabolische Bahnen oder langgestreckte Ellipsen, :benen nicht immer in der Nähe der Ekliptik liegen, wie dies für netenbahnen der Fall ist, sondern bedeutende Winkel mit der- machen. Ferner sehen wir, dass die Bewegung der Meteorite ı Bahnen rückläufig sein kann, wie dies auch bei den Kometen ler Fall ist, während alle Planeten sich nur rechtläufig um die ›ewegen.

Fig. 157.




ı Verwandtschaft zwischen Meteoriten und Kometen tritt aber genscheinlicher dadurch hervor, dass Schiaparelli nachgewiesen ı die Bahnelemente der Perseiden fast ganz genau mit denen neten III vom Jahre 1862 übereinstimmen. Die Bahnelemente ›meten sind nämlich:

| | |
|---|---|
| Periheldurchgang . . . . . | August 22,9 |
| Länge des Perihels . . . . . . . . | 344° 41′ |
| Länge des aufsteigenden Knotens . . | 137° 27′ |
| Neigung der Bahn . . . . . . . . | 66° 25′ |
| Periheldistanz . . . . . . . . | 0,9626 |
| Bewegung . . . . . . . . . . . | rückläufig. |

Auf Grund dieser überraschenden Uebereinstimmung ist Schiapa der Ansicht, dass der Komet III von 1862 ein Bestandtheil der seiden sei.

Da man für den Kometen III von 1862 eine Umlaufszeit von Jahren berechnet hat, so dürfte dies wohl auch die Umlaufszeit der seiden sein, welche sich aus Mangel eines periodisch wiederkehr Maximums der Intensität nicht unmittelbar bestimmen liess.

In gleicher Weise stimmen aber auch die Bahnelemente des meten I von 1866 mit denen des Novemberschwarmes (der Le den) zusammen, denn nach Oppolzer sind dieselben:

| | |
|---|---|
| Durchgang durchs Perihel 1866 Januar | 11,16 |
| Länge des Perihels . . . . . . . . | 60° 28′ |
| Länge des aufsteigenden Knotens . . | 231° 26′ |
| Neigung der Bahn . . . . . . . . | 17° 18′ |
| Periheldistanz . . . . . . . . . | 0,9705 |
| Excentricität . . . . . . . . . . | 0,9054 |
| Halbe grosse Axe . . . . . . . . | 10,324 |
| Umlaufszeit . . . . . . . . . . | 33,176 |
| Bewegung . . . . . . . . . . | rückläufig. |

Der Bogen des Leonidenringes, welcher dichter mit Meteorite setzt ist und welcher nach je 33 bis 34 Jahren das Novemberphä in besonderem Glanze auftreten lässt, hat eine solche Länge, das Durchgang durchs Perihel 2 bis 3 Jahre dauert, so dass die reichlid Sternschnuppenfälle des Novemberphänomens 2 bis 3 Jahre hint ander auftreten. Im Laufe der Zeit müssen aber die Meteorite, w gegenwärtig noch an einer Stelle des Leonidenringes bedeutend di zusammengedrängt sind als an dem übrigen Theil desselben, sich und mehr gleichförmig über den ganzen Ring verbreiten, weil die ren, der Sonne etwas näheren Meteorite des Ringes, bei etwas grö Geschwindigkeit den äusseren Partieen des Schwarmes mehr und voraneilen, bis eine gleichmässige Vertheilung der Meteorite übe ganzen Ring erfolgt ist, wie wir selbe bei den Perseiden beobacht

Später, bei Gelegenheit der Laplace'schen Theorie über die stehung unseres Planetensystems, werden wir noch einmal auf die wandtschaft zwischen Kometen und Meteoriten zurückkommen.

---

Siebentes Capitel.

# Die allgemeine Schwere.

---

**Mechanische Erklärung der Planetenbewegung durch** 98
**ewton.** Nachdem Kepler die wahren Gesetze der Planetenbewegung
s den Beobachtungen abgeleitet hatte, war es die nächste Aufgabe
r Astronomie, die mechanischen Ursachen derselben aufzusuchen, die
anetenbewegung auf mechanische Gesetze zurückzuführen. Es ist
ewton's unsterbliches Verdienst, diese grosse Aufgabe gelöst zu haben.

Schon früher hatte es nicht an Versuchen gefehlt, die Kräfte aus-
tteln, welche bei der Planetenbewegung thätig sind; man kam aber
ht zu einem Resultate, weil die Vorbedingungen fehlten, ohne welche
solcher Schritt nicht gemacht werden konnte. Um eine mechanische
klärung der Planetenbewegung geben zu können, musste man nicht
in wissen, welches die wahren Gestalten der Planetenbahnen sind
d mit welcher Geschwindigkeit sie durchlaufen werden, sondern es
sten die Grundgesetze der Mechanik selbst erst ermittelt sein. So
ge man das Wesen und die Gesetze der krummlinigen Bewegung
erhaupt nicht kannte, war auch eine mechanische Erklärung der Pla-
tenbewegung nicht möglich.

Die Begründung der Mechanik ist mit der Entdeckung der wahren
setze der Planetenbewegung fast gleichzeitig. Es ist Galiläi, welcher
Gesetze des freien Falles, der Pendelbewegung, der Wurfbewegung
nnte, welcher das Gesetz der Trägheit begründete und dadurch gerade
r Schöpfer der Mechanik wurde. Das Gesetz der Trägheit zeigt,
ein Körper, welcher einmal in Bewegung ist, diese Bewegung un-
ändert beibehält, wenn nicht äussere Kräfte sie aufheben oder modi-
ren und wie jede krummlinige Bewegung durch die Combination der
n Körper bereits innewohnenden und durch das Beharrungsvermögen

ihm verbleibenden Geschwindigkeit mit den Wirkungen irgend continuirlich wirkenden beschleunigenden Kraft entsteht.

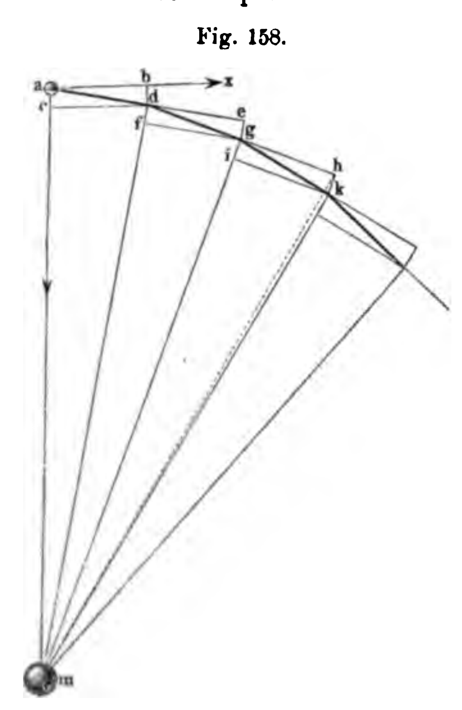
Kepler und Galiläi sind es also, welche den Grund zu dem schaftlichen Gebäude legten, welches durch Newton's Entdecku allgemeinen Schwere vollendet wurde.

Wie durch die Combination irgend einer beschleunigenden mit der Geschwindigkeit, welche ein Körper bereits hat, überhau krummlinige Bewegung entsteht, wie der Körper beständig um festen Anziehungsmittelpunkt kreist, wenn die beschleunigende stets gegen diesen Anziehungsmittelpunkt hin gerichtet ist, wir als bekannt vorausgesetzt (Lehrbuch der Physik, 7. Aufl. 1. Bd. S In den folgenden Paragraphen sollen nun die mechanischen Geset Planetenbewegung überhaupt näher betrachtet, zunächst aber a Kepler'schen Gesetzen die Natur der beschleunigenden Kräfte ab werden, welche auf die Planeten wirken.

## 99 Die Planeten werden durch Centralkräfte angetri

Nach dem ersten Kepler'schen Gesetze sind die Flächenräume welche der die Sonn den Planeten verbi Leitstrahl in gleichen zurücklegt. Aus diese setz folgt aber, dass schleunigende Kraft, auf die Planeten wirkt gegen die Sonne hin tet sein muss.

Fig. 158.




Wenn der Planet in kleinen Zeittheilchen de $dg$ Fig. 158 zurückle beschreibt der Leitstral rend dieses Zeittheilch Dreieck $dgm$. Im n gleich grossen Zeitth würde der Planet unt alleinigen Einfluss d schwindigkeit, mit wel in $g$ ankommt, den W zurücklegen, welcher $dg$ ist, da aber auch w des zweiten Zeittheilch gegen $m$ gerichtete be nigende Kraft auf ihn so legt er den Weg $gk$, die Diagonale des Parallelogrammes $gh$ rück, während des zweiten Zeittheilchens beschreibt also der Le

as Dreieck $gkm$, von welchem sich leicht beweisen lässt, dass es gleich
$km$ und also auch gleich $dgm$ ist.

Die in gleichen Zeiten von dem Leitstrahl beschriebenen Flächen-
äume sind also gleich, wenn nur die beschleunigende Kraft stets
gen denselben Punkt hin gerichtet ist, nach welchem Gesetze im
ebrigen die beschleunigende Kraft mit der Entfernung von $m$ sich än-
ern mag.

Die Eigenthümlichkeit, dass der Leitstrahl in gleichen Zeiten gleiche
lächenräume beschreibt, findet nur dann Statt, wenn der Mittelpunkt,
n dem aus man die Leitstrahlen nach dem beweglichen Körper ge-
gen denkt, zugleich der Punkt ist, nach welchem die beschleunigende
raft stets hinwirkt. Wirkte z. B. auf den in $g$ angekommenen Körper
n eine beschleunigende Kraft, deren Richtung nicht in die Linie $gm$
llt, so würde der Körper am Ende des nächsten Zeittheilchens in irgend
nem Punkte $p$ ankommen, welcher nicht auf der mit $gm$ parallelen
inie $kk$, sondern diesseits oder jenseits derselben liegt, das Dreieck $gmp$
ürde also grösser oder kleiner sein als $dgm$.

Da nun in der That der von dem Planeten zur Sonne gezogene
itstrahl in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume beschreibt, so ist klar,
ss die Sonne den Centralpunkt bildet, gegen welchen die auf die Pla-
ten einwirkenden beschleunigenden Kräfte stets gerichtet sind.

**Abnahme der Centralkraft mit wachsender Entfernung** 100
**on der Sonne.** Aus dem ersten Kepler'schen Gesetze (nach wel-
em der Leitstrahl des Planeten in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume
rücklegt) konnte man nur den Schluss ziehen, dass die Planeten stets
gen die Sonne hingetrieben, wir können also auch sagen, von der Sonne
gezogen werden; in welchem Verhältniss aber diese anziehende Kraft
r Sonne zu dem Abstande der Planeten von derselben stehe, das lässt
s erste Kepler'sche Gesetz, wie schon bemerkt wurde, völlig unent-
ieden, denn es findet Statt, welches auch das Gesetz sein mag, welchem
ses Verhältniss unterworfen ist. Dieses Gesetz ergiebt sich aber als
hwendige Folge aus dem dritten Kepler'schen Gesetze.

Nach dem dritten Kepler'schen Gesetze verhalten sich die Qua-
ate der Umlaufszeiten zweier Planeten wie die dritten Potenzen ihrer
ttleren Abstände von der Sonne (Seite 146). Bezeichnen wir mit $T$
d $t$ die Umlaufszeiten, mit $R$ und $r$ die mittleren Abstände zweier
neten, so haben wir also:

$$\frac{T^2}{t^2} = \frac{R^3}{r^3}.$$

Die Mechanik lehrt uns aber, dass, wenn ein Körper um einen An-
ungsmittelpunkt einen Kreis vom Halbmesser $r$ während der Zeit $t$
ücklegt, alsdann die beschleunigende Kraft $v$, welche den Körper
en den Mittelpunkt hintreibt, ist:

$$v = \frac{4\pi^2 r}{t^2}.$$

Für den Planeten, dessen Umlaufszeit $T$ und dessen mittlere stand von der Sonne $R$ ist, haben wir demnach:

$$V = \frac{4\pi^2 R}{T^2},$$

folglich:

$$\frac{v}{V} = \frac{4\pi^2 r}{t^2} \cdot \frac{T^2}{4\pi^2 R} = \frac{r \cdot T^2}{R t^2}.$$

Nun aber ist $\frac{T^2}{t^2} = \frac{R^3}{r^3}$, folglich haben wir:

$$\frac{v}{V} = \frac{r}{R} \cdot \frac{R^3}{r^3} = \frac{R^2}{r^2},$$

das heisst mit Worten: die beschleunigenden Kräfte, welch Planeten gegen die Sonne hintreiben, verhalten sich u kehrt wie die Quadrate ihrer Entfernung von der Sonne, ei setz, welches sich wohl a priori voraussehen liess, da es für alle Wi gen in die Ferne gilt, insofern wir sie von einem Punkte ausgehen trachten können.

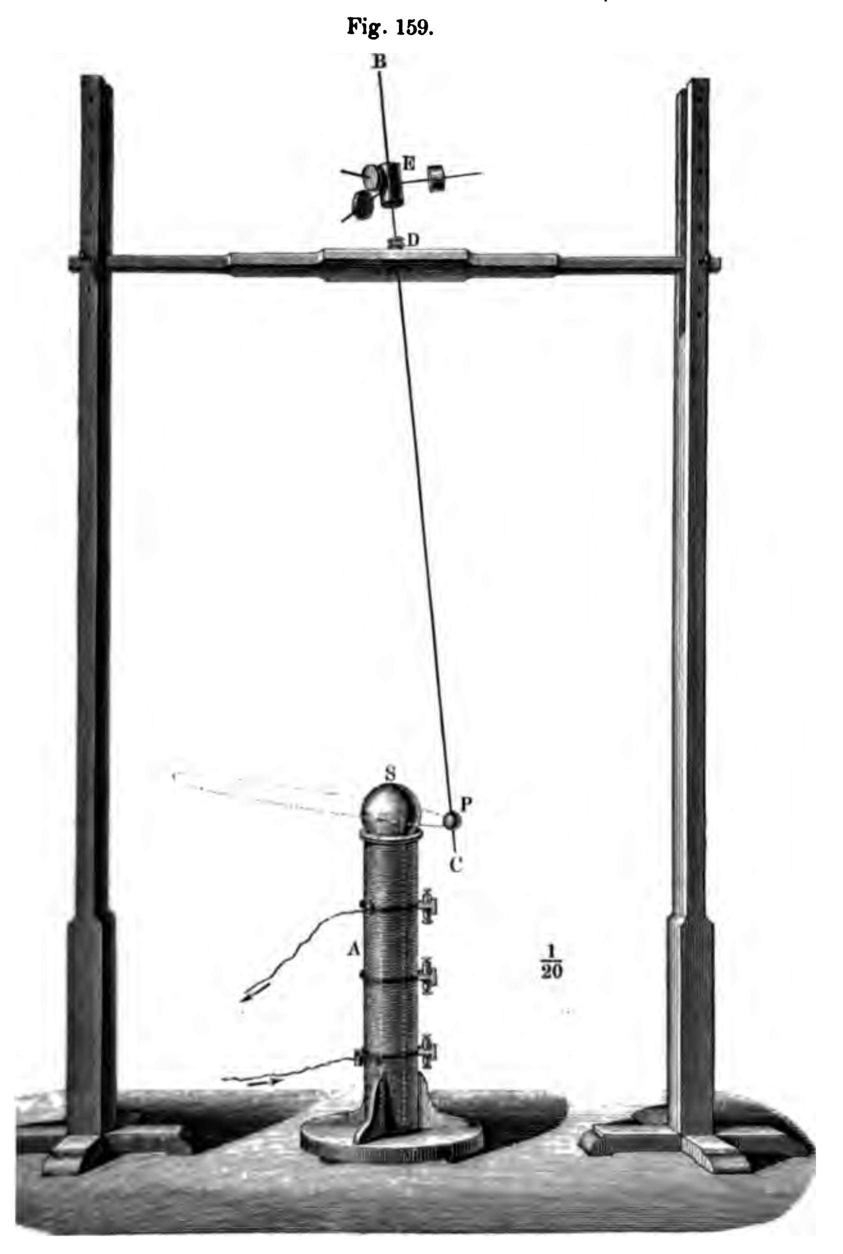
Wird einem Körper, welcher der Wirkung einer Kraft ausg ist, die ihn stets gegen einen und denselben Punkt hintreibt, und Stärke im umgekehrten Verhältniss des Quadrats der Entfernung Centralpunkte steht, auf irgend eine Weise eine seitliche Geschwind mitgetheilt, so muss er, wie sich mit Hülfe höherer Rechnung nachw lässt, eine Curve beschreiben, welche nothwendig ein Kegelsc ist, und zwar hängt es von dem Verhältniss zwischen der Centripeta und Tangentialkraft ab, ob die durchlaufene Curve eine Ellipse, Parabel oder eine Hyperbel sein wird. Bei den Planeten ko nur elliptische Bahnen vor, während bei Kometen möglicherweise parabolische Bahnen vorkommen. Die kreisförmige Bewegung is ein specieller Fall der elliptischen, da der Kreis als eine Ellipse betr werden kann, deren Excentricität Null ist, deren beide Brennpunkt in einem zusammenfallen.

Da die Trabanten bei ihrem Umlauf um die entsprechenden neten gleichfalls die Kepler'schen Gesetze befolgen, so ist klar, da Kräfte, mit welchen die Planeten ihre Trabanten anziehen, dem Gesetze unterworfen sind, wie die Anziehungskraft, welche zwisch Sonne und den Planeten wirksam ist.

Zur Demonstration der Kepler'schen Gesetze hat Hagen einen von der Société Genevoise pour la construction d'instrumen physique ausgeführten Apparat erdacht, welchen Fig. 159 in 1/ natürlichen Grösse darstellt. In der Mitte steht ein grosser El magnet, dessen Kern noch etwas über die oberste der vier Sp

vorragt und auf welchen eine polirte hölzerne Kugel $S$ geschoben

Fig. 159.




d, welche den anziehenden Körper, etwa die Sonne, vorstellt. $BC$ ist langer dünner Stahlmagnet. Bei $D$ ist dieser Magnetstab vermöge

einer Cardani'schen Aufhängung so befestigt, dass seine Schwere eliminirt ist, dass also der Schwerpunkt des Magnetstabes mit allem was er trägt mit dem Durchschnittspunkte der beiden Schneiden der Cardani'schen Aufhängung zusammenfällt. Um die Lage dieses Schwerpunkts gehörig reguliren zu können, dient das Laufgewicht $E$, welches an seitlichen Armen noch drei kleinere Laufgewichte trägt, die auf Schrauben laufen. Nahe an seinem unteren Ende trägt der lange Magnetstab $BC$ die kleine Holzkugel $P$, welche den Planeten darstellt.

Die in Figur 51 Seite 73 dargestellte Cardani'sche Aufhängung ist eigentlich für diesen Apparat construirt; der magnetisirte Stahlstab $BC$ geht durch die Mitte der Hülse $ab$ hindurch, in welcher er befestigt ist.

Die nicht zu beseitigenden Mängel, mit denen der Apparat behaftet ist, bestehen in dem Einfluss des unteren Pols des Elektromagnets und des Erdmagnetismus, dem Widerstand der Luft und dem Umstand, dass sich die Stange $BC$ bei schiefer Lage etwas biegt. Trotz dieser Mängel lässt sich die elliptische Bewegung der Kugel $P$ leicht erhalten, wenn man den Stab aus der senkreckten Lage bringt und der Kugel $P$ einen kleinen seitlichen Stoss giebt. Sehr deutlich zeigt sich dann die schnelle Bewegung im Perihel und die langsame im Aphel. Die verschiedenen Widerstände bewirken allerdings, dass die Ellipse bald kleiner wird und dass die kleine Kugel nach etwa drei Umläufen an die grosse anstösst.

101 **Die allgemeine Schwere.** Ueber den Fall der Körper auf der Oberfläche der Erde nachdenkend, kam Newton auf die Idee, ob nicht vielleicht dieselbe Kraft, welche den Stein zur Erde herabfallen macht, also das, was wir die Schwere nennen, weit über die Gränzen der Atmosphäre hinaus, ja bis an den Mond reiche, dass nichts Anderes als die Schwere die Centralkraft sei, welche den Mond in seiner Bahn um die Erde erhält.

Diese Idee lässt sich leicht prüfen. Auf der Erdoberfläche ist die beschleunigende Kraft der Schwere (die Endgeschwindigkeit der ersten Fallsecunde) gleich 9,8088 Meter. Der Mond ist nun 60 mal so weit von dem Centrum der Erde entfernt, als ein Punkt auf der Erdoberfläche; wenn also die Schwerkraft bis an den Mond reicht, so muss dort ihre beschleunigende Kraft $60^2$, also 3600 mal geringer sein als auf der Erdoberfläche, sie wäre also

$$\frac{9,8088}{3600} = 0,002724 \text{ Meter.}$$

Nun aber können wir die Grösse der beschleunigenden Kraft, welche wirklich den Mond nach der Erde hintreibt, aus dem Halbmesser seiner Bahn und seiner Umlaufszeit berechnen. Wir haben:

$$r = \frac{4\pi^2 r}{t^2} = \frac{2\pi r \,.\, 2\pi}{t^2}.$$

Der Umfang der Erde ist 40 Millionen Meter, also ist der Umfang ler Mondsbahn, d. h. der Werth $2\pi r$, welcher in obige Gleichung zu etzen ist, gleich 40.60 oder 2400 Millionen Meter. Diesen Weg legt ler Mond in 27 Tagen 7 Stunden und 4 Minuten oder in 2 360 580 Secunden zurück; wir haben also:

$$v = \frac{2400\,000\,000 \,.\, 2 \,.\, 3{,}14}{2360580^2} = 0{,}002761 \text{ Meter.}$$

Wenn wir die kleine Differenz zwischen 0,002724 und 0,002761 vernachlässigen, welche übrigens nur daher rührt, dass wir für die Entfernung und die Umlaufszeit des Mondes statt der vollkommen genauen nur Näherungswerthe in Rechnung gebracht haben, so sehen wir, dass sich derselbe Werth für die beschleunigende Kraft ergiebt, welche den Mond zur Erde treibt, mögen wir nun dieselbe aus den astronomischen Beobachtungen oder aus der Hypothese ableiten, dass die Schwerkraft noch auf den Mond wirke, dass sie aber im umgekehrten Verhältniss des Quadrats der Entfernung vom Mittelpunkte der Erde abnehme, und diese Uebereinstimmung ist eben ein Beweis für die Richtigkeit dieser Hypothese.

Newton hatte für den Erdhalbmesser, folglich auch für die Entfernung des Mondes (60 Erdhalbmesser), einen zu kleinen Werth in Rechnung gebracht und fand deshalb, von der Intensität der Schwerkraft auf der Erde ausgehend, die Intensität der Kraft, welche den Mond gegen die Erde treibt, grösser, als die aus den astronomischen Beobachtungen abgeleitete. Der Unterschied war von der Art, dass, in umgekehrter Ordnung aus der Mondsbewegung auf den Fall auf der Erdoberfläche schliessend, der Fallraum der ersten Secunde nur 13 Fuss hätte betragen müssen, während er in der That 15 Fuss ist.

Diese Differenz war so gross, dass Newton selbst seine Theorie ganz aufgab, d. h. er gab die Idee auf, dass die Centripetalkraft, welche bei der Mondsbewegung thätig ist, mit der Schwere identisch sei.

Zwölf Jahre lang hatte er diesen Gegenstand vollständig liegen gelassen, als er im Juni des Jahres 1682 die Kunde von einer neuen in Frankreich durch Picard ausgeführten Gradmessung erhielt, nach welcher der Durchmesser der Erde grösser, und zwar um $^1/_7$ grösser war, als man nach früheren, weniger genauen Messungen angenommen hatte. Alsbald nahm er seine alten Rechnungen wieder vor und hatte nun die Freude, seine schon aufgegebene Theorie aufs Vollständigste bestätigt zu sehen.

Die Sonne zieht die Planeten, die Planeten aber ziehen ihre Satelliten an, und die Kraft, welche die Monde gegen ihre Planeten hinzieht, ist identisch mit der Schwerkraft, welche alle Körper niederzieht, die sich auf der Oberfläche der Planeten befinden. Das Gesetz dieser Anziehung, welches unser ganzes Planetensystem beherrscht, lässt sich in folgender Weise aussprechen:

Je zwei materielle Körper ziehen sich mit einer Kraft an,

welche ihren Massen direct und dem Quadrat ihrer Entfernungen umgekehrt proportional ist.

Bezeichnet man mit $m$ und $m'$ die Massen der beiden Körper, mit $r$ ihre Entfernung, so ist also ihre gegenseitige Anziehung gleich:

$$f \frac{m \, . \, m'}{r^2},$$

wo $f$ ein constanter Factor ist.

Das Gewicht eines Körpers auf der Oberfläche eines Planeten ist die Resultirende aller Anziehungen, welche sämmtliche Moleküle, aus denen der Planet zusammengesetzt ist, auf den fraglichen Körper ausüben. Diese Resultirende ist stets gegen den Mittelpunkt des Planeten hin gerichtet, insofern man ihn als vollkommen kugelförmig betrachtet und also von seiner Abplattung abstrahirt. Für diesen Fall wirkt auch die Gesammtanziehung eines Planeten in die Ferne sowohl wie auf einen Körper, welcher sich auf seiner Oberfläche befindet, gerade so, als ob die ganze Masse des Planeten sich in seinem Mittelpunkte befände. Bezeichnen wir also mit $m$ die Masse, mit $\varrho$ den Halbmesser eines Planeten, so ist die Kraft, mit welcher die Einheit der Masse auf der Oberfläche des Planeten gegen den Mittelpunkt hingezogen wird:

$$V = f \frac{m}{\varrho^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1)$$

Die Geschwindigkeit, also auch die Beschleunigung, mit welcher ein Körper auf der Planetenoberfläche fällt, ist von seiner Masse unabhängig, sie ist gleich der Geschwindigkeit und der Beschleunigung, mit welcher die Masseneinheit fällt, sie ist also:

$$g = h \frac{m}{\varrho^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 2)$$

wo $h$ einen constanten Factor bezeichnet, dessen Bestimmung für uns jetzt kein Interesse hat.

Betrachtet man die Bewegung eines Planeten, so ist streng genommen der Mittelpunkt der Sonne kein fester Punkt, sondern der Planet sowohl als auch die Sonne selbst beschreiben eine Ellipse um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt, welcher aber stets dem Mittelpunkte der Sonne sehr nahe liegt, weil die Masse der Planeten nur ein höchst unbedeutender Bruchtheil der Sonnenmasse ist; bezieht man aber die Bewegung des Planeten auf den Mittelpunkt der Sonne, indem man denselben als fest betrachtet, so ist seine Bahn gleichfalls eine elliptische.

Es sei $M$ die Masse der Sonne, $m$ die Masse eines Planeten und $R$ der Abstand beider von einander, so ist die beschleunigende Kraft, welche den Planeten gegen den gemeinschaftlichen Schwerpunkt treibt:

$$G = h \frac{m}{R} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 3)$$

**hrend** die Sonne gegen denselben Schwerpunkt mit einer Beschleu-**gung**:

$$\Gamma = h \frac{m}{R^2}$$

**agetrieben** wird. Letztere Grösse kann man aber als verschwindend **ein** gegen die erstere betrachten, so dass also $G$ das Maass der Beschleu-**gung** ist, mit welchem der Planet um die Sonne gravitirt. Ebenso ist:

$$G' = h \frac{m}{r^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 4)$$

**r Werth** der Beschleunigung, mittelst deren ein Satellit um seinen Pla-**ten kreist**, wenn $r$ die Entfernung beider bezeichnet und die Masse des **banten** im Vergleich zur Masse $m$ des Planeten als verschwindend **in** betrachtet werden kann.

**Masse der Sonne und der Planeten.** Die Formeln, welche 102 **r im** vorigen Paragraphen kennen lernten, geben uns ein Mittel an **Hand**, die Masse der Planeten, welche Satelliten haben, mit der Masse **r Sonne** zu vergleichen.

**Für** die beschleunigende Kraft, unter deren Einfluss ein Planet um **Sonne** kreist, haben wir auch den Werth:

$$G = \frac{4 \pi R}{T^2},$$

**m** $R$, wie oben, der Halbmesser der Planetenbahn und $T$ seine Um-**fzeit** ist.

Wenn wir diesen Werth von $G$ dem Werthe bei 3) gleichsetzen, so **mmt**:

$$\frac{4 \pi R}{T^2} = h \frac{M}{R^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 5)$$

**In** gleicher Weise erhalten wir zwei Ausdrücke für die beschleuni-**de Kraft**, unter deren Einfluss der Satellit um seinen Planeten **kreist**, **wenn** wir beide gleich setzen:

$$\frac{4 \pi r}{t^2} = h \frac{m}{r^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 6)$$

**m** $t$ **die Umlaufszeit** des Trabanten und $r$ seine Entfernung vom Mittel-**kte des** Planeten bezeichnet.

**Dividirt** man die Gleichung 5) durch Gleichung 6), so kommt:

$$\frac{R t^2}{r T^2} = \frac{M}{m} \cdot \frac{r^2}{R^2}$$

**l endlich**:

$$\frac{M}{m} = \frac{R^3 t^2}{r^3 T^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 7)$$

Nehmen wir die Entfernung des Mondes von der Erde zur Lä einheit, so ist $r = 1$ und $R = 400$.

Die Umlaufszeit des Mondes um die Erde beträgt 39 343, di Erde um die Sonne beträgt 525 950 Minuten. Setzen wir nun in chung 7) $t = 39\,343$ und $T = 525\,950$ und ausserdem für $R$ und obigen Zahlenwerthe, so kommt:

$$\frac{M}{m} = 358\,120,$$

d. h. die Masse der Sonne ist 358 120mal so gross als die Masse der Dieser Zahlenwerth ist jedoch nur eine erste Annäherung an das Verhältniss. Wenn man für Umlaufszeiten und Entfernungen die genauen Werthe setzt und die Masse der Erde nicht gegen die der S die Masse des Mondes nicht gegen die der Erde vernachlässigt, bei obiger Berechnung geschehen ist, so ergiebt sich für die Mas Sonne:

$$M = 355\,000,$$

wenn man die Masse der Erde als Einheit nimmt.

Die Umlaufszeit $t'$ des äussersten Jupiterstrabanten ist 2403 nuten, seine Entfernung vom Mittelpunkte des Jupiter ist 27 Ju halbmesser oder, in Mondabständen ausgedrückt, $r' = 5{,}2$. Bezei wir also mit $m'$ die Masse des Jupiter, so haben wir:

$$\frac{m'}{m} = \frac{r'^3 t^2}{r^3 t'^2}$$

und wenn wir für $r$, $r'$, $t$ und $t'$ ihre Zahlenwerthe setzen:

$$\frac{m'}{m} = 376.$$

Auch dieser Werth ist nur eine erste Annäherung, der genaue der Jupitersmasse ist 340, wenn man die Masse der Erde zur E nimmt.

Nach derselben Methode findet man, dass die Masse des S 102mal, die des Uranus 14,5mal so gross ist als die Masse der Er

Es ist bereits oben der wahre Durchmesser der Sonne und de neten angegeben worden, und daraus lässt sich dann leicht ihr Vo berechnen. Setzt man das Volumen der Erde gleich 1, so ergiel das Volumen der Sonne, des Jupiter, des Saturn und des Uranus, die zweite Columne der folgenden Tabelle angiebt.

| | Volumen. | Masse. | Dichtigkeit. |
|---|---|---|---|
| Erde . . . . . . . . | 1 | 1 | 1 |
| Sonne . . . . . . . | 1 409 725 | 355 000 | 0,252 |
| Jupiter . . . . . . . | 1491 | 340 | 0,227 |
| Saturn . . . . . . . | 772 | 102 | 0,131 |
| Uranus . . . . . . . | 86,5 | 14,5 | 0,167 |

Die dritte Columne dieser Tabelle enthält die eben besprochenen rthe für die Massen der genannten Himmelskörper. Man sieht nun leich, dass die Massen dem körperlichen Inhalte keineswegs propornal bleiben; während z. B. der cubische Inhalt des Jupiter 1491mal sser ist als der der Erde, so ist die Masse des Jupiter doch nur 340mal gross als die Masse der Erde, es ist also klar, dass Jupiter weniger t sein muss als die Erde.

Dividirt man die Zahlen der dritten Columne durch die entsprechen- Zahlen der zweiten, so findet man die Werthe der Dichtigkeit, wie in der letzten Verticalreihe aufgeführt sind. Die Sonne ist also nahezu mal weniger dicht als die Erdmasse; der Jupiter ist nicht ganz so dicht die Sonne, noch weit weniger dicht aber sind Saturn und Uranus.

**Dichtigkeit der Erde.** Wir haben eben die Dichtigkeit der Sonne mehrerer Planeten nur mit der mittleren Dichtigkeit der Erde verhen, wir wollen nun sehen, auf welche Weise man die Masse und auf Wasser bezogene Dichtigkeit der Erdkugel selbst bestimmen n. **103**

Ein Bleiloth, welches in einer vollkommen ebenen Gegend im Freien gehängt wird, ist stets gegen den Mittelpunkt der Erde gerichtet; sich aber auf einer Seite des Bleilothes eine bedeutende, über die e hervorragende Masse, etwa ein Gebirgszug, befindet, so wird diese nfalls anziehend auf die Kugel des Lothes wirken und eine Ablenkung lben aus der Verticalen veranlassen.

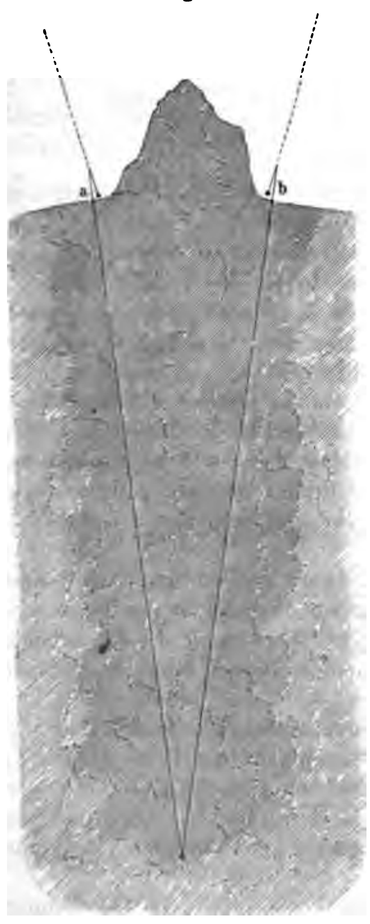
In gleicher Weise wird die Nähe von Gebirgen auch eine Abweichung freien Oberfläche der Gewässer von der wahren Horizontalen bewir-, da ja dieselbe stets rechtwinklig auf der Richtung des Bleilothes ist.

Bouguer war der Erste, welcher die Idee hatte, in der Anziehung r Gebirge einen Beweis für die allgemeine Anziehung der Materie zu ben. Er stellte seine Versuche an den Abhängen des Chimborasso und fand eine Ablenkung des Bleilothes von 7″ bis 8″. Dass bei der deutenden Ausdehnung des Gebirges keine grössere Ablenkung gefunden

wurde, rührt wahrscheinlich daher, dass sich grosse Höhlungen ren jener vulcanischen Berge befinden.

Sehen wir nun zunächst, wie man im Stande ist, eine Ablen] Bleilothes von der Verticalen (d. h. von der nach dem Mittelpu Erde gerichteten Geraden) nachzuweisen.


Fig. 160.




An unseren astronomische kreisen bestimmen wir die ] der Horizontalen mit Hülfe c serwage, folglich fällt die Rich Zeniths, wie sie uns der Hö angiebt, zusammen mit der ] des Bleilothes. Die durch der kreis gemessene Zenithdista Gestirnes ist der Winkel, wel nach dem Sterne gerichtete ' mit der Richtung des Bleiloth

Wenn man nun an zwei und *b*, Fig. 160, welche auf d Erdmeridian liegen, die Zenit eines und desselben Fixster Culminationszeit bestimmt, s Unterschied der beiden Zenithd der Winkel, welchen die Rich Bleilothes in *a* mit der Richt Bleilothes in *b* macht.

So fanden Maskelyne u ton im Jahre 1772, dass die ] zweier Orte *a* und *b* desselbe dians, von denen die eine nördlichen, die andere am s Abhange des Berges Schehal] einen Winkel von 53 Bogens mit einander machten.

Durch geodätische Messung aber ferner ermittelt, dass *a* 3! nördlich von *b* lag. Da für Sc die Länge eines Breitengrad führ 342500 Fuss beträgt, so e jene Länge von 3900 Fuss einem Bogen von 41″, d. h. aus der schen Messung folgt, dass *a* um 41″ nördlich von *b* liegt, oder mit Worten, dass die Verticale von *a* mit der Verticalen von *b* einen von 41 Secunden macht.

Der Winkel, welchen die Bleilothe von *a* und *b* mit einander ma ...o um 12″ grösser als der Winkel der Verticalen beider Orte; ... von *a* und *b* sind also nicht gegen den Mittelpunkt der Erde g

sind durch den Einfluss des Berges von der Verticalen abgelenkt, und ar beträgt die Summe der Ablenkungen der Bleilothe in *a* und *b* 12″.

Durch eine genaue Vermessung des Berges wurde nun das Volumen s Gebirges bestimmt, woraus sich dann auch die Masse desselben mit näherndem Genauigkeit berechnen liess, da ja das specifische Gewicht s Gesteins bekannt ist, aus welchem es besteht.

Aus der Ablenkung des Bleilothes ergiebt sich aber ferner, in welem Verhältniss die anziehende Kraft des Berges zur Gesammtanziehung r Erde steht, und da die Masse des Berges bekannt ist, so lässt sich raus auch auf die Masse und die mittlere Dichtigkeit der ganzen dkugel schliessen.

Maskelyne ermittelte auf diesem Wege, dass das mittlere specifische wicht der Erde 4,71 sei, ein Resultat, welches der Wahrheit schon hr nahe kam.

Wir begnügen uns hier, die Methode nur anzudeuten, welche Maslyne anwandte, um die Masse und die mittlere Dichtigkeit der Erde bestimmen, und zwar um so mehr, da die Berechnung auf diesem ege eine ziemlich schwierige ist, ohne deshalb so genaue Resultate lien zu können, wie die Methode, welche im nächsten Paragraphen beochen werden soll.

**Anwendung der Drehwage zur Bestimmung der mittren Dichtigkeit der Erde.** 104 Ein englischer Physiker, Mitchell, struirte eine Drehwage, mit deren Hülfe er die mittlere Dichtigkeit r Erde zu bestimmen gedachte; er starb aber, ehe er zur Anstellung r Versuche kam, welche erst nach seinem Tode von Cavendish ausführt wurden. Der Grundgedanke des Apparates ist folgender:

An einem dünnen Metalldraht *ab*, Fig. 161 (a. f. S.), hängt ein hontaler, gleicharmiger Hebel *cd*, welcher an seinen Enden die Kugeln nd *g* trägt. Dem Einfluss aller störenden Kräfte entzogen, wird die se Vorrichtung eine solche Stellung annehmen, dass der Draht *ab* e Torsion ist.

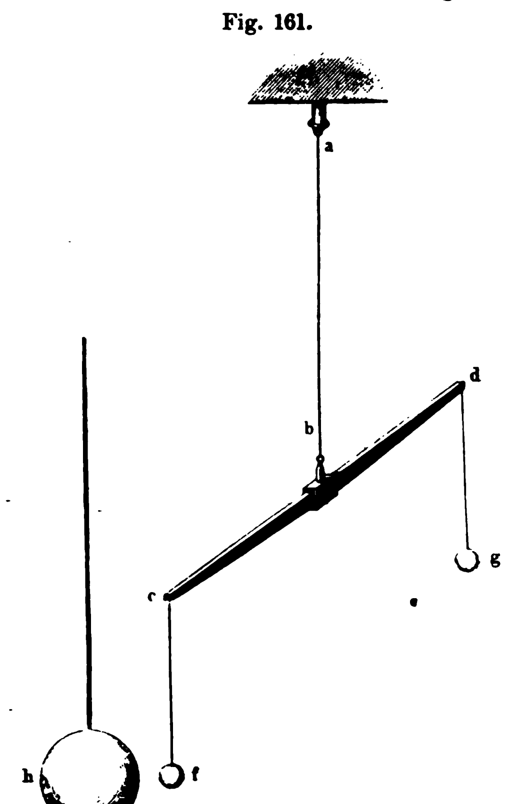
Bringt man nun neben der Kugel *f* eine Kugel *h* von bedeutender se an, so wird *h* anziehend auf *f* wirken, und dadurch wird der hotale Hebel *cd* um einen Winkel aus seiner früheren Gleichgewichtss heraus gedreht, welcher der anziehenden Kraft *k* proportional ist, welcher die Kugeln *h* und *f* gegenseitig auf einander wirken.

Die Grösse dieser Kraft *k* lässt sich aber berechnen, wenn man die wingungszeit kennt, mit welcher der horizontale Hebel *cd* um seine ichgewichtslage oscillirt, sobald er auf irgend eine Weise aus derselben ausgebracht worden ist.

Aus dem Verhältniss der Kraft *k* zu dem Gewichte *m* der Kugel *f* r Kraft, mit welcher die ganze Erdkugel die Kugel *f* anzieht) ergiebt dann das Verhältniss zwischen der leicht zu ermittelnden Masse *M* Kugel *h* und der Masse *Q* der Erdkugel.

Es kommt also vor allen Dingen darauf an, die Ablenku horizontalen Hebels durch die Einwirkung der Kugel *h*, sowie die S

Fig. 161.




gungszeit des h talen Pendels c möglichster Gena zu ermitteln; jede zug wirkt aber s sowohl auf die Abl als auf die Schwin zeit, und deshal die ganze Vorri in ein möglichst en häuse eingeschlos an einem Orte auf sein, an welchem lichst wenig Temp schwankungen s den.

Das hölzerne G welches die Dr einschliesst, hat u die Gestalt von F In $AB$ befind der Aufhängedra schliesst den ho len Hebel ein und verticalen Arme und $DG$ befind die Kugeln *f* un ihren Aufhänged Das Ganze ist weit, dass dem Hebel $cd$ der nöthige Spielraum für die kleine hervorgebrachte Ablenkung und die kleinen Schwingungen bleibt.

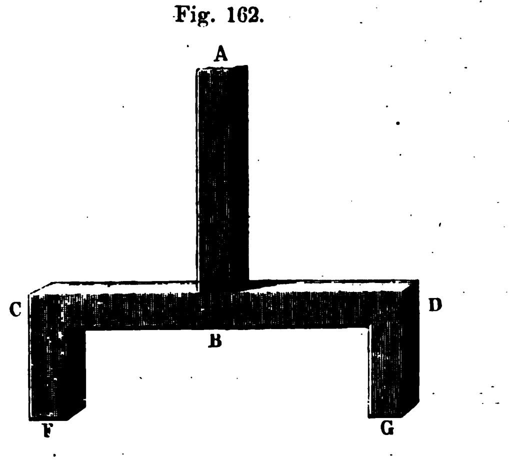
An einigen Stellen ist die Wand des Gehäuses durchbroch Oeffnungen aber sind dann wieder durch Platten von Spiegelg schlossen, durch welche hindurch man den Hebel und seine Oscill beobachten kann.

Cavendish wandte ausser der ablenkenden Masse *h* no zweite, neben der Kugel *g* hängende an, welche die Wirkung der unterstützt; aus seinen, nach der eben angedeuteten Methode ang Versuchen ergab sich für die mittlere Dichtigkeit der Erde der 5,48 oder nach Hutton's Revision der Rechnungen 5,32.

Im Jahre 1837 stellte F. Reich neue Versuche über die Dichtigkeit der Erde mittelst der Drehwage an. Eine wesentlic besserung des Apparates erzielte er dadurch, dass er ihn mi

ggendorff'schen Spiegelvorrichtung versah, welche auch Gauss mit grossem Vortheil bei seinem Magnetometer angewandt hatte. Der

Fig. 162.




gel war am unteren Ende des Aufhängedrahtes bei *b*, Fig. 161, bracht. Die ganze Drehwage war an der Decke eines Kellers aufngt und die Scala durch eine Lampe mittelst eines Hohlspiegels erhtet.

Die Grössen, deren Kenntniss zur Berechnung der Masse und Dichkeit der Erde nothwendig sind, waren beim Reich'schen Apparat:

stand des Aufhängepunktes der Kugeln $f$ und $g$ von der Mitte des Hebels . . . . . . . . . $r = 100{,}1^{cm}$
e der Kugeln $f$ und $g$ wog . . . . . . . . . $m = 484{,}2^{gr}$
s auf den Aufhängepunkt der Kugel reducirte Gewicht des halben Hebels sammt dem Gewichte der Aufhängevorrichtung . . . . . . . . . $m' = 34{,}7^{gr}$
stand der Scala vom Spiegel . . . . . . . $\mu = 4523^{mm}$
wicht der ablenkenden Kugel $h$ . . . . . . $M = 45006^{gr}$

Diese Kugel $h$ war aus Blei verfertigt, während die Kugeln $f$ und $g$ einer Composition von Blei und Wismuth bestanden.

Ferner ist:

r Halbmesser der Erde . . . . . . . . . . $R = 636462400^{cm}$
Länge des Secundenpendels für Freiberg . . $l = 99{,}4^{cm}$

Bei einer der von Reich angestellten Beobachtungsreihen ergaben h folgende Resultate:

r Abstand des Mittelpunktes der Kugel $h$ vom Mittelpunkt der Kugel $f$ war . . . . . . . $E = 17^{cm}$
auf der Scale abgelesene Ablenkung der Drehwage $B = 7{,}156^{mm}$
Schwingungszeit der Drehwage . . . . . . $t = 405''$.

Aus diesen Daten lässt sich nun die Masse und die mittlere Dich keit der Erde in folgender Weise berechnen.

Bei den Schwingungen der Drehwage hat die Elasticität des Dral eine träge Masse in Bewegung zu setzen, deren Trägheit gerade so wi als ob am Ende des Hebels eine Masse $2\,(m + m')$, in unserem Falle : eine Masse von 1038 Gramm angehängt wäre.

Nun aber wirkt die ablenkende Kraft der Kugel $h$ nur auf die kl Kugel $f$. Hätte die Elasticität des Aufhängedrahtes nur diese eine Kug in Bewegung zu setzen gehabt, deren Gewicht $m = 484{,}2$ Gramm trägt, so würden die Schwingungen schneller gewesen sein, und z würde die Schwingungszeit im Verhältniss von $\sqrt{2\,(m + m')}$ zu $\sqrt{m}$ genommen haben, kurz die Schwingungszeit $t'$ würde sein:

$$t' = t\,\frac{\sqrt{m}}{\sqrt{2\,(m + m')}} \quad \ldots\ldots\ldots$$

in unserem Falle also:

$$t' = 405\,\sqrt{\frac{484}{1038}} = 276{,}55''.$$

Dies ist also die Schwingungszeit eines einfachen, 100,1 Centim langen Pendels, welches unter dem Einfluss der Elasticität des Aufhä drahtes schwingt.

Für ein einfaches Pendel von gleicher Länge, welches unter Einfluss der Schwere schwingt, würde die Schwingungszeit gewesen s

$$t'' = \frac{\sqrt{r}}{\sqrt{l}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots$$

in unserem speciellen Falle:

$$t'' = \frac{\sqrt{100{,}1}}{\sqrt{99{,}4}} = 1{,}0035 \text{ Secunden.}$$

Für zwei gleichlange einfache Pendel verhalten sich aber bei chem Ausschlagswinkel die beschleunigenden Kräfte, welche die Kug die Gleichgewichtslage zurücktreiben, umgekehrt wie die Quadrate Schwingungszeiten. Bezeichnen wir die beschleunigende Kraft, mit cher die Elasticität des Aufhängedrahtes die Drehwage in ihre Gl gewichtslage zurückzuführen strebt, mit $k$, mit $K$ aber die Kraft, welcher die Kugel eines gewöhnlichen Pendels gegen seine Gleichgewi lage getrieben wird, so haben wir:

$$k : K = t''^2 : t'^2,$$

also:

$$k = K\,\frac{t''^2}{t'^2}$$

oder:

$$k = K \cdot \frac{r}{l\,.\,t^2} \cdot \frac{2\,(m + m')}{m} \quad \ldots\ldots$$

man man für $t'$ und für $t''$ ihre Werthe bei 1) und 2) setzt. Setzt man r $t'$ und $t''$ die für unseren speciellen Fall berechneten Zahlenwerthe, kommt:

$$k = \frac{K}{75945}.$$

Durch den Einfluss der Kugel $h$ wird die Drehwage um $B$ Theil-che der Scala abgelenkt; wenn wir also mit $x$ den Ablenkungswinkel eichnen, so ist:

$$sin.\, x = \frac{B}{2\mu}.$$

Wenn ein gewöhnliches einfaches Pendel um den Winkel $x$ aus seiner eichgewichtslage entfernt wird, so ist die Kraft $K$, welche die Kugel ch ihrer Gleichgewichtslage zurücktreibt, gleich $m \,.\, sin.\, x$, wenn $m$ das wicht der Kugel ist: setzen wir für $sin.\, x$ den eben gefundenen Werth, haben wir:

$$K = \frac{m \,.\, B}{2\mu} \quad \text{. . . . . . . . . . . .} \quad 4)$$

o in unserem speciellen Fall, wenn für $m$, $B$ und $\mu$ die oben ange-benen Zahlenwerthe gesetzt werden:

$$K = 0{,}3832 \text{ Gramm.}$$

nach ist auch

$$k = \frac{B \,.\, r \,.\, (m + m')}{\mu \,.\, l \,.\, t^2} \quad \text{. . . . . . . . . .} \quad 5)$$

er für unseren speciellen Fall ergiebt sich für $k$ der Zahlenwerth:

$$k = 0{,}0000050467 \text{ Gramm.}$$

Dies ist also die Kraft, mit welcher die Kugel $f$ durch die Kugel $h$ die Seite gezogen wird, während die Kraft, mit welcher die Kugel $f$ ch die gesammte Erde angezogen wird, gleich $m$ ist. Denken wir uns die Masse $M$ der Kugel $h$, sowie die Masse $Q$ der ganzen Erde in entsprechenden Mittelpunkten vereinigt, so haben wir zur Berechnung Masse $Q$ die Gleichung:

$$m : k = \frac{Q}{R^2} : \frac{M}{E^2}$$

d daraus:

$$Q = \frac{m \,.\, M \,.\, R^2}{E^2 k} \quad \text{. . . . . . . . . . . .} \quad 6)$$

r wenn man für $k$ seinen oben bei 5) angegebenen Werth setzt:

$$Q = \frac{m \,.\, M \,.\, R^2 \mu\, l\, t^2}{E^2 \,.\, B\, r\, (m + m')}.$$

Setzen wir aber in Gleichung 6) für $k, m, M, R$ und $E$ die früher

angegebenen Zahlenwerthe, so finden wir für die Masse der Erde
Werth:

$$Q = 5\,914\,500\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000 \text{ Gramm}$$

oder:

118 000 Trillionen Centner.

Die mittlere Dichtigkeit der Erde findet man, wenn man die M
$Q$ durch das Volum der Erde, also durch $\frac{4}{3} \pi R^3$ dividirt; man fi
alsdann:

$$D = \frac{3\,Q}{4\,\pi R^3} = \frac{3\,M.\mu l}{4\,\pi R.r} \cdot \frac{m}{m+m'} \cdot \frac{t^2}{E^2 B} \quad \cdots\cdots$$

und wenn man für die Buchstaben ihre Zahlenwerthe substituirt:

$$D = 5{,}476.$$

Aus einer grossen Reihe von Versuchen, welche Reich im Jahre 1
anstellte, fand er als Mittel, mit Berücksichtigung aller nothwend
Correctionen den Werth:

$$D = 5{,}44.$$

(F. Reich, Versuche über die mittlere Dichtigkeit der Erde mit
der Drehwage. Freiberg 1838.)

Im Jahre 1843 publicirte Baily in London die Resultate e
grossen Reihe von Versuchen, welche er im Auftrage der Royal Ast
nomical Society nach der Methode von Cavendish angestellt hatt
Er fand die mittlere Dichtigkeit der Erde:

$$D = 5{,}66.$$

Nach dem Bekanntwerden dieses Resultates wiederholte auch Re
seine Versuche, nachdem er einige Verbesserungen in seinem Appa
angebracht hatte, und fand:

$$D = 5{,}58.$$

(Abhandlungen der mathematisch-physikalischen Classe der kö
sächs. Gesellschaft der Wissenschaften. Erster Band. 1852. S. 385.)

**105 Dichtigkeit der Weltkörper verglichen mit der Wassers.** Nehmen wir aus den im vorigen Paragraphen besproch
Resultaten das Mittel, so ergiebt sich, dass die mittlere Dichtigkeit
Erde 5,5mal so gross ist als die des Wassers.

Da nun das specifische Gewicht der Felsmassen, welche die
Erdrinde bilden, kaum halb so gross ist, so müssen wir schliessen,
das Innere der Erde aus Körpern von grösserem specifischen Gewi
bestehe, dass die Erde einen metallischen Kern habe.

Verglichen mit Wasser, ist die Dichtigkeit

| | |
|---|---|
| der Sonne . . . . . | 1,38 |
| des Jupiter . . . . . | 1,25 |
| des Saturn . . . . . | 0,72 |
| des Uranus . . . . . | 0,92. |



Die mittlere Dichtigkeit der Sonne ist also ungefähr die des Bux-
umes, die mittlere Dichtigkeit des Jupiter ist der des Ebenholzes gleich,
ährend Saturn und Uranus in ihrer Dichtigkeit dem Nussbaum- und
ornholz nahe stehen.

Der Vollständigkeit wegen folgt hier noch, die Erde zur Einheit ge-
mmen, die Masse und Dichtigkeit der drei übrigen Hauptplaneten,
lche keine Trabanten haben, deren Masse also auf anderem Wege be-
mmt werden muss, als der ist, den wir in §. 102 kennen lernten.

| | Volumen. | Masse. | Dichtigkeit. |
|---|---|---|---|
| Mercur . . | 0,059 | 0,073 | 1,225 |
| Venus . . . | 0,996 | 0,885 | 0,908 |
| Mars . . . | 0,136 | 0,132 | 0,972 |

Setzen wir die Dichtigkeit des Wassers gleich 1, so ist die Dichtigkeit

des Mercur . . . . . 6,7
der Venus . . . . . 5,0
des Mars . . . . . . 5,3.

Unter allen Planeten ist also Mercur der dichteste, nach ihm die
de. Mars und Venus stehen der Erde in Beziehung auf mittlere Dich-
keit sehr nahe.

**Grösse der Schwerkraft auf der Oberfläche der Sonne** 106
**nd der Planeten.** Nach §. 101 ist $V = f\frac{m}{\varrho^2}$ das Maass für die
werkraft auf der Oberfläche eines Weltkörpers, wenn $\varrho$ den Halb-
sser und $m$ die Masse desselben bezeichnen.

Setzen wir die Schwerkraft auf der Oberfläche der Erde gleich 1;
en wir ferner die Masse der Erde zur Masseneinheit, den Radius
elben zur Längeneinheit, so wird auch $f = 1$, und wir haben als-
n für die Schwerkraft auf der Oberfläche irgend eines anderen Welt-
pers

$$V = \frac{m}{\varrho^2},$$

n $m$ und $\varrho$ in den eben bezeichneten Einheiten ausgedrückt werden.
ist der Radius des Jupiter 11,5mal so gross als der Erdhalbmesser,
die Masse des Jupiter ist 340mal so gross als die Masse der Erde;
lich ist für Jupiter

$$V = \frac{340}{11,5^2} = 2,57.$$

Auf diese Weise ergeben sich für die Sonne, den Mond und die neten folgende Werthe für die Schwerkraft auf ihrer Oberfläche:

| Namen der Himmelskörper. | Schwere auf der Oberfläche. | Fallraum der ersten Secunde. |
|---|---|---|
| Sonne . . . . . . . . . | 28,30 | 424,5 Fuss |
| Mercur . . . . . . . . | 1,15 | 17,2 „ |
| Venus . . . . . . . . . | 0,91 | 13,6 „ |
| Erde . . . . . . . . . | 1,00 | 15,0 „ |
| Mars . . . . . . . . . | 0,50 | 7,5 „ |
| Jupiter . . . . . . . . | 2,57 | 38,5 „ |
| Saturn . . . . . . . . | 1,09 | 16,3 „ |
| Uranus . . . . . . . . | 1,05 | 15,7 „ |
| Mond . . . . . . . . . | 0,16 | 2,4 „ |

Die Masse eines Centners, auf die Oberfläche der Sonne geb wird also dort auf ihre Unterlage einen Druck ausüben, welcher g ist dem Druck von 28,3 Centnern auf der Erdoberfläche, während dag auf dem Monde die gleiche Masse nahezu 5mal weniger stark auf Unterlage drückt als auf der Erde. Es würde ungefähr gleiche strengung erfordern, um auf der Erde die Masse von 50 Pfunden der Sonne die Masse von 2 Pfunden, oder auf dem Monde die Masse 250 Pfunden zu tragen.

107 **Die Störungen.** Nach dem Newton'schen Gravitationsg ist die Sonne, wie dies bereits angedeutet wurde, nicht mehr ein ab fester Punkt, und wäre ausser der Sonne nur noch ein einziger P vorhanden, so würde der Planet sowohl wie die Sonne um ihren ge schaftlichen Schwerpunkt eine Ellipse beschreiben. Dieser gemeins liche Schwerpunkt wird dem Mittelpunkte der Sonne um so näher li je kleiner die Masse des Planeten im Vergleich zu dem der Sonne i dass also die Ellipse, welche der Mittelpunkt der Sonne zu beschr hätte, sehr klein wäre im Vergleich zu der vom Planeten beschrieb Mag man aber die Bewegung des Planeten nun auf den gemeins lichen Schwerpunkt oder auf den Mittelpunkt der Sonne beziehe würde seine Bahn eine rein elliptische sein, so lange nur ein ei Planet die Sonne umkreiste.

So verhält sich aber die Sache nicht. Die Sonne wird von Planeten umkreist, und jeder dieser Planeten wird nicht allein vo Sonne, sondern zugleich von allen übrigen angezogen. Daraus folgt

die Bewegung eines jeden Körpers im Planetensysteme weit ver-
elter ist, als wir bisher angenommen haben. Weil aber die Masse
Sonne die Masse der Planeten so bedeutend übertrifft, so ist die
re Bahn jedes Planeten doch nur sehr wenig von der rein elliptischen
eichend.

Die Kepler'schen Gesetze sind demnach nur als Annäherungsgesetze
betrachten, welche nahezu die wahre Bewegung der Planeten dar-
en, aber doch noch Differenzen von derselben zeigen, welche glück-
erweise nicht gross genug waren, um Kepler an der Auffindung
er einfachen Gesetze zu hindern.

Die Anziehungen, welche ein Planet von Seiten aller übrigen er-
t, werden ihn also nur sehr wenig von der elliptischen Bahn entfer-
welche er ohne dies verfolgen würde; die Modificationen, welche auf
e Weise in der Planetenbewegung hervorgebracht werden, nennt man
rungen (Perturbationen).

Um die Untersuchung dieser verwickelten Bewegung zu erleichtern,
mt man einen eingebildeten (fictiven) Planeten an, welcher sich in
r elliptischen Bahn bewegt, deren Elemente eine allmälige Aenderung
den, während dann der wahre Planet bald auf der einen, bald auf
anderen Seite dieses fictiven Planeten oscillirt, ohne sich zu weit von
selben zu entfernen.

Die allmäligen Veränderungen in den Elementen der elliptischen
egung des fictiven Planeten nennt man seculare Störungen, die
llationen des wahren Planeten aber auf die eine oder andere Seite
fictiven werden periodische Störungen genannt. Die allmälige
derung der Schiefe der Ekliptik, das langsame Fortrücken des Peri-
ums der Planeten sind solche seculare Störungen, welche die Beob-
ung nachgewiesen hat und von welchen die Theorie der allgemeinen
were vollständige Rechenschaft giebt.

Eines der merkwürdigsten Resultate, zu denen man geführt wurde,
man die Störungen der Planetenbahnen zu berechnen suchte, ist
dass die grossen Axen der elliptischen Bahnen, auf welchen sich die
en Planeten bewegen, stets dieselben Werthe beibehalten. Die secu-
n Störungen afficiren alle Elemente der elliptischen Bewegung mit
nahme der grossen Axe, welche stets dieselbe bleibt. Da die Um-
szeit eines Planeten durch das dritte Kepler'sche Gesetz mit der
ge der grossen Axe verknüpft ist, so hat die Unveränderlichkeit der
sen Axe auch die Unveränderlichkeit der Umlaufszeit zur Folge.

Die Excentricität und die Neigung der Planetenbahnen erleiden all-
g fortschreitende Veränderungen. Obgleich nun aber diese Aende-
en Jahrhunderte hindurch in demselben Sinne vor sich gehen, so
sie dennoch periodisch, wenngleich diese Perioden von sehr langer
r sind, so dass weder die Excentricitäten noch die Neigungen der
etenbahnen über gewisse ziemlich enge Gränzen hinaus ab- oder zu-
sen.

In der Gesammtheit der eben angedeuteten Resultate in Betreff ( grossen Axen, der Excentricitäten und der Neigungen der Planetenbah besteht das, was man die Stabilität des Weltsystems nennt.

Die Störungen, welche ein Planet auf die übrigen und namentl auf diejenigen ausübt, deren Bahnen der seinigen zunächst liegen, s natürlich von ihrer Masse abhängig, und so kommt es, dass man aus d durch einen Planeten erzeugten Störungen auf seine Masse schliessen ka Dies ist nun auch der einzige Weg, auf welchem sich die Masse derjeni Planeten ermitteln lässt, welche nicht von Trabanten umkreist sind. ist begreiflich, dass die aus den Störungen abgeleiteten Werthe der Mas der Planeten nicht den Grad der Genauigkeit haben wie diejenig welche man aus Vergleichung ihrer Trabanten berechnet.

108 **Entdeckung des Neptun.** Bouvard fand 1821, dass die Herschel gemachten Beobachtungen des Uranus sich nicht mit denj gen Bahnelementen in Uebereinstimmung bringen liessen, welche aus den Beobachtungen von 1781 bis 1820 ergeben; aber auch spä wich Uranus wieder merklich von der Bahn ab, welche er nach den Bouvard berechneten Tafeln hätte durchlaufen sollen. Aus den Be achtungen von 1833 bis 1834 hat Airy nachgewiesen, dass der Rad Vector für diese Jahre von den Tafeln um eine Grösse abweiche, wel die Entfernung des Mondes von der Erde übertrifft.

Daraus ergiebt sich nun, dass die Bahnelemente des Uranus versc den ausfallen, je nachdem man sie aus verschiedenen Beobachtungspe den ableitet.

Schon Bouvard zeigte, dass sich diese Abweichungen nicht auf von Jupiter und Saturn herrührenden Störungen zurückführen lies und dass man zu ihrer Erklärung einen noch jenseits des Uranus die Sonne kreisenden Planeten annehmen müsse.

Mädler sagte in dieser Beziehung schon in der ersten Auflage ner „populären Astronomie", welche im Jahre 1841 erschien:

„Wenn man beim Saturnslaufe die Störungen des Uranus nicht rücksichtigte, so würde man ganz ähnliche Abweichungen finden, wenn man sehr genaue Saturnsbeobachtungen aus einer langen R von Jahren besessen hätte, so würde es möglich gewesen sein, d analytische Combinationen den Uranus theoretisch zu entdeck bevor ihn Herschel aufgefunden hätte, vorausgesetzt, dass alle and störenden Massen hinreichend genau bekannt und gehörig in Rechn gebracht worden wären.

„Es liegt nun nahe, diesen Schluss vom Saturn auf Uranus um Glied weiter zu übertragen und auf einen jenseits des Uranus l fenden und diesen störenden Planeten zu schliessen: ja man die Hoffnung aussprechen, dass die Analysis einst diesen höchsten i Triumphe feiern und durch ihr geistiges Auge Entdeckungen in den

n machen werde, in welche das körperliche Auge bis dahin einzu-
en nicht vermochte."

Diese Hoffnung ist bald auf das Glänzendste in Erfüllung gegangen. Nachdem sich Leverrier von Neuem überzeugt hatte, dass man i die bekannten Planeten die Störungen des Uranus nicht erklären ɜ, unternahm er es, den Ort und die Masse des noch unbe- ten Planeten zu berechnen, welcher die fraglichen Abweichungen lasse.

Adams in Cambridge bearbeitete gleichzeitig denselben Gegenstand, dass Einer von den Bestrebungen des Anderen Kenntniss hatte. Gelehrte gelangten ganz unabhängig von einander zu demselben , indem sie den Ort am Fixsternhimmel bestimmten, wo der neue t zu suchen sei. Ihre Resultate stimmen fast ganz genau überein. Leverrier publicirte indess seine Arbeit früher als Adams. Am eptember 1846 erhielt Galle in Berlin die Nachricht von dem Re- der Leverrier'schen Rechnungen, und es gelang ihm in der That, ı er das Fernrohr nach der bezeichneten Stelle des Himmels richtete, esuchten Planeten aufzufinden, welcher alsbald den Namen Neptun t.

**Störungen der Kometen.** Die Kometen erleiden, wenn sie in 109 ähe von Planeten kommen, so grosse Störungen, dass ihre Umlaufs- adurch bedeutend vergrössert oder verkleinert, ja dass ihre Bahn ändert wird, dass sie mit ihrer vorherigen Gestalt gar keine Aehn- it mehr hat.

Ein merkwürdiges Beispiel der Art liefert uns der Komet von 1770. tte sich der Erde bis auf 360 000 Meilen genähert, und die beob- en Orte wichen so sehr von einer parabolischen Bahn ab, dass man n eine elliptische Bahn zu berechnen suchte. In der That genügte Beobachtungen eine Ellipse, deren grosse Axe 3,14 Erdweiten be- bei einer Umlaufszeit von 5 Jahren 209 Tagen.

Aber weder vorher noch nachher ist dieser Komet wieder beobachtet n. Wenn man für die erwähnte elliptische Bahn rückwärts rechnet, giebt sich, dass der Komet im Mai 1767 dem Jupiter so nahe war, die Wirkung dieses Planeten momentan stärker als die der Sonne musste; erst durch diese Einwirkung wurde der Komet in die Bahn cht, in welcher man ihn 1770 beobachtete, während er bis dahin ganz andere Bahn verfolgt hatte. In seiner neuen Bahn kam der t im Jahre 1776 abermals ins Perihelium, konnte aber nicht beob- werden, weil zu dieser Zeit die Sonne gerade zwischen den Ko- und die Erde zu stehen kam.

n der aus den Beobachtungen von 1770 berechneten Ellipse fort- d, musste aber dieser Komet im August 1779 dem Jupiter aber- ehr nahe, und zwar so nahe kommen, dass er zwischen dem Plane- d dem vierten Satelliten hindurchging. In dieser Nähe musste er

vom Jupiter eine 24mal stärkere Wirkung erfahren als von der
und dadurch wurde er wieder vollständig aus der Bahn gebracht,
seit 1767 verfolgt hatte, weshalb er denn auch im Jahre 1781 nicl
der beobachtet wurde, wo man eine sichtbare Wiederkehr desselbe
erwarten können, wenn er nicht durch jene Störungen aus der Bal
1770 wäre abgelenkt worden.

Nach den früher bestimmten Bahnelementen sollte die Rückke
Halley'schen Kometen gegen Anfang des Jahres 1758 stattfinden.
Clairaut's Rechnungen hatte er aber seit seinem letzten Erschein
deutende Störungen erlitten, und nach denselben war seine Rü
durch den Jupiter ungefähr um 518, durch Saturn um 100 Ta
zögert worden, so dass sie erst in der Mitte des April 1759 zu er
war. In der That ging der Halley'sche Komet am 12. März 1759
das Perihelium.

Während also einerseits die Kometen sehr bedeutende Stö
durch die Planeten erfahren, hat man bis jetzt noch keine Stö
nachweisen können, welche die Planeten durch Kometen erlitten l
woraus sich ergiebt, dass die Masse der Kometen sehr klein im Ve
zu der Masse der Planeten sein muss.

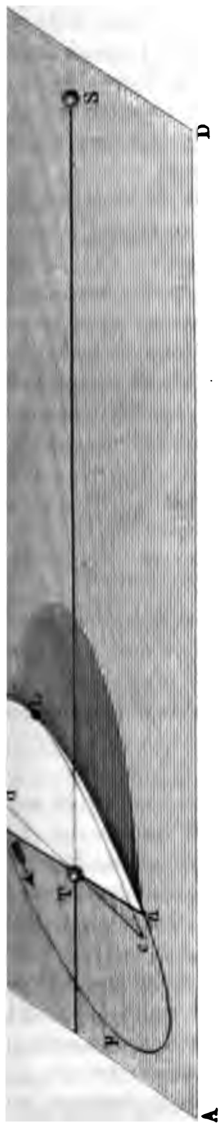
Wäre z. B. der Komet von 1770 an Masse der Erde gleich, so
er in seiner Erdnähe solche Störungen hervorgebracht haben, da
Erdjahr dadurch um fast 3 Stunden verlängert worden wäre.
aber nicht die mindeste Verlängerung der Jahresdauer bemerkt w
während eine Verlängerung von 2 Secunden der Beobachtung nich
entgehen können, woraus denn folgt, dass die Masse des Komet
1770 gewiss noch nicht $^1/_{5000}$ der Erdmasse sein kann.

110 **Störungen der Mondsbahn.** Die raschen Aenderunge
chen die Elemente der Mondsbahn unterworfen sind (§. 69, S. 16
die Folge bedeutender störender Kräfte. Für den Mond ist die E
Centralkörper, und wenn sie nebst dem Monde allein im Raume s
fände, so würde der Mond eine Ellipse beschreiben, deren einen
punkt die Erde einnimmt und deren Gestalt eben so unveränderli
würde wie ihre Lage im Raume. Nun aber wirkt die Sonne a
Mond als störender Körper, und in Folge ihrer so bedeutenden
sind auch die Störungen, welche sie im Mondslauf hervorbringt, s
deutend.

Die Erde wird ebenso wie der Mond beständig von der Sonn
zogen, und indem sie ihre Bahnen durchlaufen, fallen sie gewissern
stets gegen diesen Centralkörper hin. Wenn nun die Anziehung
Sonne auf die Masseneinheit des Mondes und auf die Masseneinh
Erde immer gleich wären, so würde der Fall beider Weltkörper
die Sonne hin ganz derselbe sein; ihre gegenseitige Stellung wür
dadurch nicht alterirt werden, der Mond würde ganz so um di
kreisen, als ob die Sonne gar nicht vorhanden wäre.

erhält es sich aber nicht. Die Anziehung, welche die Sonne auf it der Mondmasse ausübt, ist bald grösser, bald kleiner, als die it welcher die Einheit der Erdmasse von der Sonne angezogen d daraus gehen dann Störungen hervor, deren vorzüglichste n wir schon früher kennen lernten.

Zeit des Neumondes ist der Mond der Sonne näher als die Erde, also wird zu dieser Zeit die Einheit der Mondmasse stärker von der Sonne angezogen als die Einheit der Erdmasse, der Mond gravitirt schneller gegen die Sonne hin als die Erde, der störende Einfluss der Sonne wirkt also jetzt dahin, den Abstand des Mondes und der Erde zu vergrössern.




Zur Zeit des Vollmondes ist die Erde der Sonne näher, die Erde gravitirt also zu dieser Zeit stärker gegen die Sonne hin als der Mond, also auch jetzt wirkt die störende Kraft der Sonne dahin, die Entfernung der beiden Körper zu vergrössern.

Diese störende Wirkung der Sonne ist aber offenbar grösser, wenn sich die Erde' in der Sonnennähe, kleiner, wenn sie sich in der Sonnenferne befindet, die Mondsbahn muss sich desshalb etwas zusammenziehen, während die Erde sich vom Perihelium zum Aphelium bewegt, um sich dann wieder etwas auszudehnen, während die Erde den Bogen vom Aphelium bis zum Perihelium durchläuft.

Nach dem dritten Kepler'schen Gesetz muss aber diese Erweiterung und Zusammenziehung der Mondsbahn auch ein periodisches Ab- und Zunehmen der Umlaufszeit des Mondes zur Folge haben; die Umlaufszeit des Mondes muss also ungefähr zur Zeit des Wintersolstitiums etwas grösser sein, als zur Zeit des Sommersolstitiums.

Diese periodische Aenderung in der Umlaufszeit des Mondes, welche den Namen der jährlichen Gleichung führt, war bereits schon von Tycho de Brahe beobachtet worden. In der That ist die

siderische Umlaufszeit des Mondes zu Anfang des Jahres ungefähr
$^1/_4$ Stunde grösser als in der Mitte des Jahres.

Wir wollen nun noch versuchen, so weit es auf elementarem W
möglich ist, verständlich zu machen, wie durch den störenden Ein
der Sonne der Rückgang der Knoten der Mondsbahn bewirkt wird.

Es stelle $ABCD$, Fig. 163, ein Stück der Ebene der Erd
dar; $S$ sei die Sonne, $T$ die Erde, $aLbp$ die Mondsbahn, welche
Ekliptik in der Knotenlinie $ab$ schneidet. Ohne die Einwirkung
Sonne würde der Mond stets in derselben Ebene sich fortbewegen,
Knotenlinie würde also unverändert bleiben. Die Einwirkung der S
äussert aber ein Bestreben, die Ebene seiner Bahn fortwährend zu än
namentlich wenn der Mond sich in denjenigen Punkten seiner Bahn
findet, welche der Sonne am nächsten und am entferntesten liegen.

In dem Punkte $L$ seiner Bahn angekommen, welcher der Sonne
nächsten liegt, strebt die Einwirkung der Sonne offenbar dahin, den
aus der durch $T$ und das Bogenstück, welches er zuletzt durchlief, g
ten Ebene herauszubringen.

Statt dass der Mond unter dem alleinigen Einfluss der Erde
den Bogen $Lnb$ zurückgelegt haben würde, beschreibt er unter de
renden Einfluss der Sonne den Bogen $Lrd$, kurz es verhält sich
so, als ob unter dem Einflusse der Sonne die Ebene der Mondsbah
die Linie $LT$ gedreht würde, wodurch dann die Knotenlinie $ab$ i
Lage $cd$ gebracht wird; die Knotenlinie der Mondsbahn muss sich
in der Ebene der Ekliptik in einer Richtung drehen, welche der Rich
entgegengesetzt ist, in welcher der Mond selbst sich bewegt.

Ganz in der gleichen Richtung strebt die Sonne die Ebene der M
bahn zu drehen, wenn sich derselbe in dem von der Sonne entfern
Theile seiner Bahn befindet.

So giebt denn das Gesetz der allgemeinen Schwere von allen
verschiedenen Ungleichheiten Rechenschaft, welchen die Bewegung
Mondes unterworfen ist; ohne Zweifel gehört aber dieser Gegen
zu den schwierigsten und verwickeltsten Aufgaben der mathemati
Analysis.

111 **Ebbe und Fluth.** Die Oberfläche des Meeres zeigt regelm
und periodische Oscillationen, welche unter dem Namen der Ebbe
Fluth bekannt sind. Ungefähr 6 Stunden lang steigt das Meer, das i
Fluth; dann fällt es wieder in den nächsten 6 Stunden, und dies
ken wird die Ebbe genannt. An jedem Tage findet zweimal Ebbe
zweimal Fluth Statt.

Der Zeitraum, innerhalb dessen diese doppelte Oscillation vor
geht, ist jedoch nicht genau 24 Stunden, sondern im Mittel 24 Stu
50 Minuten 28 Secunden, gerade die Zeit, welche zwischen zwei
einander folgenden Culminationen des Mondes verstreicht. Zwi
einem Maximum der Fluth bis zum anderen liegt demnach immer

$12^h$ 25′ 14″. Wenn also an einem Tage die Fluth Mittags um
ihre grösste Höhe erreicht, so wird dasselbe am nächsten Tage
50′, am zweiten um $1^h$ 41′, am dritten um $2^h$ 31′ u. s. w. statt-
und zwischen zwei Nachmittags- oder Abendfluthen wird dann
ne Morgenfluth in der Mitte liegen.

Höhe der Fluth, d. h. der Unterschied zwischen dem Niveau des
zur Zeit seines höchsten und seines darauf folgenden tiefsten
ist selbst für einen und denselben Ort nicht unveränderlich, son-
idet theils periodische, theils zufällige Schwankungen. Die letz-
rden vorzugsweise durch Winde und Stürme bedingt, welche je
ständen das Steigen der Fluth bald begünstigen, bald hemmen.
dischen Schwankungen, welchen die Höhe der Fluth unterworfen
aber von den Phasen des Mondes abhängig. Die Höhe der Flu-
d am grössten zur Zeit des Neumondes und des Vollmondes
fluth), sie ist am kleinsten zur Zeit der Quadraturen.

alledem ersieht man, dass Ebbe und Fluth eine vorzugsweise
nd abhängige Erscheinung ist, und in der That tritt auch
mum der Fluth stets um eine bestimmte Zeit nach dem Durch-
s Mondes durch den Meridian ein; diese Zeit, welche den Namen
eit (Hafenetablissement) führt, ist von einem Orte zum anderen
localer Ursachen verschieden.

beträgt die Hafenzeit in

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Cadix | $1^h$ | 15′ | St. Malo | $6^h$ | 30′ |
| Lissabon | 4 | 0 | Cherbourg | 7 | 45 |
| Bayonne | 3 | 30 | Calais | 11 | 45 |
| Brest | 3 | 45 | Vlissingen | 1 | 0 |
| Plymouth | 6 | 5 | Hamburg | 5 | 0 |

nso ist die Fluthhöhe sehr von localen Verhältnissen abhängig;
ländischen Meere ist die Ebbe und Fluth kaum merklich, dage-
ie an den Küsten von Frankreich und England sehr bedeutend.
B. zur Zeit der Syzygien die mittlere Fluthhöhe in

| | |
|---|---|
| Bayonne . . . . | 9 Fuss, |
| Brest . . . . . | 20 „ |
| St. Malo . . . . | 36 „ |
| London . . . . | 18 „ |

der Mündung des Avon (westlich von der Insel Wight) erreicht
gfluth die Höhe von 42 Fuss. Die höchsten Fluthen auf der
Erde hat wohl die Fundybai, an der südöstlichen Küste des bri-
Nordamerika, aufzuweisen. Im Hintergrunde dieser Bai steigen
gfluthen bis zu einer Höhe von 60 bis 70 Fuss.

kleinen mitten im Ocean liegenden Inseln ist die Fluth nicht be-
, so beträgt die Fluthhöhe auf St. Helena nur 3, auf den Inseln
ee nur 2 Fuss.

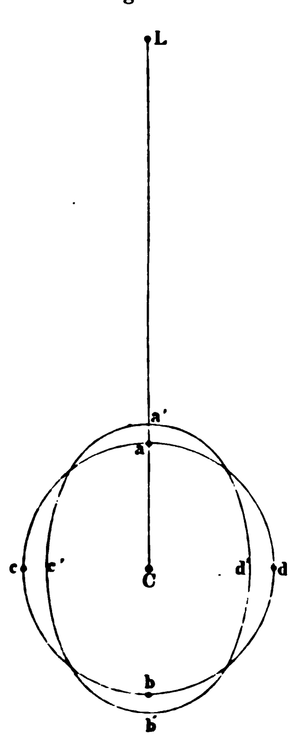
er sonst gleichen Umständen nimmt die Fluthhöhe von dem

Aequator nach den Polen hin ab; an der nördlichen Küste von No
ist sie sehr unbedeutend.

112 **Mechanische Erklärung der Ebbe und Fluth.** I
Wirkungen im Planetensystem gegenseitig sind, so gravitirt nich
der Mond gegen die Erde, sondern auch die Erde gegen den Mon
aber nicht alle Punkte der Erdkugel in gleichem Abstande vo
Monde stehen, so sind sie auch ungleichen Anziehungskräften unter
und daraus eben entspringt die Ebbe und Fluth.

Es sei $C$ der Mittelpunkt der Erde (Fig. 164), $L$ der Mond,
der Punkt $a$ der Erdoberfläche stärker vom Monde angezogen
als $C$, und wenn $a$ nicht fest
verbunden ist, so wird $a$ mit gr
Beschleunigung gegen $L$ gr
als $C$, es wird sich ein Streben
$a$ von $C$ zu entfernen. Wen
also auf der dem Monde zugew
Seite der Erde gerade ein
Ocean befindet, so wird hier
veau des Meeres steigen.

Fig. 164.




Ganz das Gleiche findet
von dem Monde entferntesten
der Erdoberfläche Statt. Hie
wirkt die anziehende Kraft de
des geringer als in $C$, der Mitt
der Erde gravitirt stärker geg
Mond als $b$, und so wird sich a
den in der Nähe von $b$ gel
Massen das Streben geltend m
sich von dem Erdmittelpunkte
fernen.

Wäre die Erde ganz mit
bedeckt, so würde die sonst k
mige Oberfläche derselben die
$a' c' b' d'$ annehmen; denn ind
Wasser bei $a$ und $b$ steigt, m
nothwendig bei $c$ und $d$ sink
würde also Fluth sein an den
für welche der Mond im Meridian steht, sei es nun in oberer oder
Culmination, Ebbe aber an den Orten, für welche der Mond gera
oder untergeht.

Bezeichnen wir mit $d$ den Abstand des Erdmittelpunktes vo
Mittelpunkte des Mondes, so ist die Kraft, mit welcher die Massen
in $C$ vom Monde angezogen wird, $\frac{fm}{d^2}$, wenn $m$ die Masse des

Die Kraft, mit welcher die Einheit der Masse in $a$ vom Monde angen wird, ist aber $\frac{fm}{(d-r)^2}$, wenn $r$ den Halbmesser der Erde bennet; folglich ist die Differenz der Kräfte, welche in $C$ und $a$ wirken:

$$D = \frac{fm}{(d-r)^2} - \frac{fm}{d^2}.$$

wickelt man den ersten Theil dieses Werthes, indem man die Din von $fm$ durch $(d-r)^2$ (also durch $d^2 - 2dr + r^2$) ausführt, so mt:

$$\frac{fm}{(d-r)^2} = \frac{fm}{d^2} + \frac{2fmr}{d^3} + \frac{3fmr^2}{d^4} + \text{etc.}$$

wenn man davon $\frac{fm}{d^2}$ abzieht, so bleibt:

$$D = \frac{2fmr}{d^3} + \frac{3fmr^2}{d^4} + \text{etc.}$$

ler Werth von $d$ sehr gross ist im Vergleich gegen $r$, so kann man Weiteres alle Glieder dieser Reihe vernachlässigen, welche $d^4$ und re Potenzen von $d$ im Divisor haben; es bleibt also:

$$D = \frac{2fmr}{d^3}.$$

aber bewirkt die Sonne in ganz ähnlicher Weise Ebbe und Fluth, der Mond, nur sind die Sonnenfluthen wegen der grösseren Entfer- der Sonne weniger hoch als die Mondfluthen. Bezeichnen wir mit ie Masse der Sonne, mit $d'$ ihre Entfernung von der Erde, so haben also für die Kraft, welche die Sonnenfluth veranlasst:

$$D' = \frac{2fm'r}{d'^3}.$$

aber ist $d' = 400\,d$ und $m' = 355000 . 88 . m$ und danach ergiebt dann:

$$D' = \frac{2fr . m . 355000 . 88}{d^3 400^3} = 0{,}488\ D;$$

Höhe der Sonnenfluthen ist also nahe halb so gross, als die Höhe der lfluthen. Da sich nun zur Zeit des Neu- und Vollmondes die Sonnen- Mondfluthen summiren, so ist die Kraft, welche die Gesammtfluth ılasst:

$$1{,}5\ D.$$

Zeit der Quadraturen aber fällt die Mondfluth mit der Sonnenebbe nmen, die Gesammtfluth erreicht alsdann die Höhe

$$D - 0{,}5\ D = 0{,}5\ D,$$

zur Zeit der Syzygien erreicht also die Fluth eine beinahe 3mal grösser Höhe, als zur Zeit des ersten und letzten Mondviertels.

Wäre die ganze Erdoberfläche mit Wasser bedeckt, so würde d Verlauf der Ebbe und Fluth ein sehr einfacher sein. Alle Punkte, welch auf demselben Meridian liegen, müssten zu gleicher Zeit Hochwasse haben; die Fluthwellen würden, von Nord nach Süd sich erstreckend, i der Richtung von Osten nach Westen fortschreiten, und zwar würde ein solche Fluthwelle den Weg um die ganze Erde in 24 Stunden zurück legen, am Aequator also mit einer Geschwindigkeit von 225 Meilen i der Stunde fortschreiten müssen. — Ihre grösste Höhe müsste eine Fluth welle an derjenigen Stelle eines Meridians erreichen, an welcher der Mo durch das Zenith geht.

Durch die ungleiche Vertheilung von Wasser und Land wird a diese ideale Form der Fluthwellen, welche Whewell Isorachien nennt durchaus verändert. Whewell hat, soweit es nach dem vorhandenen Be obachtungsmaterial möglich war, den Verlauf der Isorachien zu ermitt gesucht, und hat sie dann in Karten eingetragen. In diesen Karten i z. B. eine Curve durch alle Orte des Oceans gezogen, welche an ein bestimmten Tage um 1 Uhr Hochwasser haben, eine zweite, dritte, vier u. s. w. zeigt die Stellen an, bis zu welchen das Hochwasser um 2, 3, Uhr u. s. w. vorgedrungen ist.

Tab. XIV. stellt Whewell's Isorachien von 2 zu 2 Stunden d der unsichere Theil der Curven ist punktirt.

Man sieht hier deutlich, wie die Fluthwellen, aus dem indisch Ocean nach Westen vordringend, durch den afrikanischen Continent a gehalten werden. Die südlich vom Cap der guten Hoffnung vorbeischre tenden Fluthwellen treten nun in südöstlicher Richtung in den Atlant schen Ocean ein, in welcher Richtung sie auch die Ostküsten von No amerika erreichen, während sie in südwestlicher Richtung an die W küsten von Europa anschlagen.

Sowie die Fluthwelle in abgelenkter Richtung in den Atlantisch Ocean eintritt, so findet eine Ablenkung der Fluthwellen auch bei Se armen und Buchten Statt; die Form der Gestade hat dann nicht all auf die Richtung, sondern auch auf die Geschwindigkeit, mit welcher Fluthwellen fortschreiten, einen wesentlichen Einfluss; im Allgemein wirkt die Nähe der Küsten verzögernd auf die Geschwindigkeit des Fo schreitens.

Werden in ihrem Fortschreiten die Fluthwellen in Buchten ein zwängt, dann erreichen sie, indem sie gleichsam concentrirt werden, e ungeheure Höhe, wie wir dies an dem bereits angeführten Beispiel d Fundybai sehen.

Je nach der Configuration der Küsten wird es öfters vorkomm dass an gewissen Stellen die Fluthwellen von verschiedenen Seiten z sammentreffen, wie dies z. B. in dem Meere zwischen England und Irla der Fall ist, wo die Fluthen von Norden und Süden her eindringen. Hie

en natürlich Interferenzerscheinungen eintreten, welche das Phäno- noch verwickelter machen und die auffallendsten Abweichungen vom alen Gang bedingen.

**Erklärung der Präcession.** Die Erscheinung der Präcession **113** t haben wir bereits in §. 36 kennen gelernt; die mechanische Er-

Fig. 165.




ng derselben ergiebt sich aus den Erscheinungen, welche in §. 113 ersten Bandes meines Lehrbuchs (7. Auflage. S. 269) besprochen en. Zur Erläuterung der Präcessionserscheinung wollen wir aber zu- t noch ein Gyroskop von etwas veränderter Construction betrachten, solches in Fig. 165 dargestellt ist. Der Ring $R$, innerhalb dessen metallene Scheibe $a$ rotirt, ist an einem Stabe $S$ befestigt, welcher lst eines horizontalen Stiftes in der Gabel $g$ befestigt ist. Die l $g$ sitzt am Ende eines Stahlstäbchens $J$, dessen untere Hälfte in r vertical stehenden Hülse steckt, so dass die ganze obere Vorrichtung die verticale Axe $J$ und um den horizontalen Stift in $g$ drehbar ist. An dem Stäbchen $S$ ist eine Hülse verschiebbar, an welcher das Ge- t $G$ angehängt werden kann. Denken wir uns dasselbe vor der d noch weg und die Metallscheibe $a$ in Rotation versetzt, so erfolgt Drehung des Apparates um die verticale Axe $J$ ganz so, wie wir sie dem Gyroskop Fig. 336 des Lehrbuchs der Physik kennen gelernt en. Wird ein Gewicht $G$ angehängt, welches dem Uebergewicht der ibe $a$ nur theilweise das Gleichgewicht hält, so findet die Rotation die Axe $J$ in unveränderter Richtung, aber mit verringerter Ge-

schwindigkeit Statt. Hat das Gewicht $G$ eine solche Grösse, dass es d... Uebergewicht der rotirenden Scheibe gerade das Gleichgewicht hält, ... also keine Kraft mehr vorhanden ist, welche den Winkel, welchen ... Stäbchen $S$ mit der Verticalen macht, zu verändern strebt, so hört ... Drehung des Apparates um die verticale Axe $J$ ganz auf, wenn auch ... Scheibe $a$ in Rotation ist. Ist endlich das Uebergewicht auf der S... des angehängten Gewichtes $G$, so erfolgt die Drehung des Apparates u... die Axe $J$ in einer Richtung, welche der zuerst besprochenen entgegen... gesetzt ist.

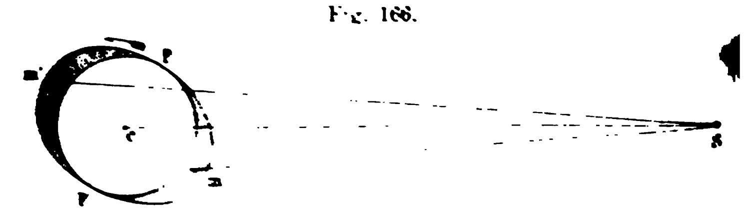
Wenn das Gewicht $G$ so gestellt ist, dass keine Drehung um ... verticale Axe $J$ stattfindet, so wird, wenn man den ganzen Apparat ... im Zimmer herumträgt (wobei jedoch die Axe $J$ stets vertical gehal... werden muss), die Richtung des Stäbchens $S$ und der Rotationsaxe ... Scheibe $a$ doch ganz ungeändert bleiben, oder mit anderen Worten ... Stäbchen $S$ sowohl wie auch die Umdrehungsaxe der Scheibe $a$ werd... parallel mit sich selbst verschoben.

Aehnliche Verhältnisse kommen nun auch bei der Erde vor: sie ... tirt um eine Axe, welche einen bestimmten Winkel mit der Ebene ... Ekliptik macht, während Kräfte auf sie wirken, welche dahin stre... die Umdrehungsaxe der Erde rechtwinklig zur Ekliptik zu stellen.

Die Kraft, welche die Erdaxe rechtwinklig auf die Ebene der Ekl... tik zu stellen strebt, rührt von der Anziehung her, welche die So... auf die Erde ausübt. Wenn die Erde eine vollkommene Kugel ... ihre Masse gleichförmig um ihren Mittelpunkt vertheilt wäre, so wü... die Resultirende aller Wirkungen, welche die Sonne auf die ein... nen Theile der Erde ausübt, durch ihren Mittelpunkt gehen. Di... Resultirende könnte also keinerlei Einfluss auf die Rotationsaxe ... Erde ausüben, dieselbe würde stets sich selbst parallel im Raume f... schreiten.

Nun aber ist die Erde abgeplattet, und deshalb kann man sie ... eine Kugel betrachten, deren Radius dem halben Polardurchmesser gle...

Fig. 166.



und welche noch mit einem Wulst bedeckt ist, welcher, am Aequator ... dicksten, nach den Polen zu abnimmt, wie dies Fig. 166 in übertriebe... Weise angedeutet ist, welche die Stellung der Erde gegen die Sonne ... Zeit des Sommersolstitiums darstellt.

Betrachten wir nun die Wirkung der Sonne $S$ auf den Aequatori... wulst für sich, so ist klar, dass die Kraft, mit welcher die Einheit ...

ei *m* von der Sonne angezogen wird, grösser ist als die Anziehung, ie Sonne auf eine gleich grosse Masse bei *m'* ausübt; die Wirkung ne auf den fraglichen Wulst strebt also dahin, die Erde in der g des Pfeiles um eine Axe zu drehen, welche in der Ebene der liegt und senkrecht auf *SC* steht. Wir haben also hier in der n ganz ähnliches Verhältniss, wie wir es beim Kreisel und der schen Rotationsmaschine Fig. 165 kennen lernten.

Zeit des Wintersolstitiums, wenn die Erde auf der entgegen-n Seite der Sonne steht, ist der Südpol *p'* der Sonne zugekehrt; alsdann *m'* stärker von der Sonne angezogen als *m*, so dass also dieser Zeit die Sonne ein Streben äussert, die Erde in der Richs Pfeiles zu drehen, also die Erdaxe aufzurichten. Zur Zeit der ctien, wo die Erdaxe rechtwinklig auf *SC* steht, ist die Kraft, lie Erdaxe zu drehen strebt, gleich Null, wir sehen also, dass die elche die Schiefe der Ekliptik zu verkleinern strebt, zur Zeit der n ein Maximum wird und da von bis zu den Aequinoctien ab-

r Erläuterung des Rückganges der Aequinoctialpunkte hat Bohger einen Apparat construirt, welcher nach ihm den Namen des enberger'schen Maschinchens" führt. Eine Kugel oder ein l von Elfenbein oder noch besser von Metall ist um eine Axe *ab* drehbar, die in Spitzen läuft, welche in einem messingenen Ringe befestigt sind, Fig. 167. Dieser innerste Ring ist wieder um eine horizontale Axe *cd* (der Endpunkt *d* ist in unserer Figur verdeckt) innerhalb eines zweiten Ringes drehbar, welcher selbst wieder um eine verticale Axe *fg* innerhalb des äussersten auf einem Postamentchen befestigten Ringes gedreht werden kann. Auf diese Weise ist die Kugel sowohl wie ihre Umdrehungsaxe vollkommen frei beweglich.

Fig. 167.

Ist das Gleichgewicht der Kugel und des innersten Ringes so hergestellt, dass ihr Schwerpunkt auf die Axe *cd* fällt, dass also keine Kraft vorhanden ist, welche eine Drehung um die Axe *cd* zu bewirken strebt, so wird die Axe *ab* ihre im Raume unverändert beibehalten, wenn man die Kugel in Rotation um diese Axe versetzt hat, wie man auch den ganzen , am Fussgestell haltend, herumtragen und drehen mag. Sobald kleines Uebergewicht bei *b* angebracht wird, ist jetzt eine Kraft en, welche den innersten Ring sammt der Kugel um die Axe *cd* en strebt, und zwar so, dass die Axe *ab* aufgerichtet und *a* dem *f*, *b* dem Punkte *g* genähert werden würde, wenn die Kugel nicht Ist aber die Rotation der Kugel hinlänglich rasch, so bleibt s Uebergewichtes bei *b* die Neigung der Axe *ab* gegen *fg* un-

verändert, während dagegen eine Drehung der Kugel sammt ihrer tionsaxe um die Axe $fg$ stattfindet.



Fig. 168.




Es treten also hier ganz dieselben Verhältnisse ein, wie bei d tation der Erdaxe, nur mit dem Unterschiede, dass die Kraft, wel Axe $ab$ aufzurichten strebt, beim Bohnenberger'schen Apparat gleich stark wirkt.

Fig. 168 stellt eine veränderte Form des Bohnenberger'sch parates dar.

Achtes Capitel.

# Ortsveränderungen der Fixsterne.

---

**Fortschreitende Bewegung einzelner Sterne am Fix-** 114 **nhimmel.** Wir haben bisher den Fixsternhimmel als den unver-rlichen Hintergrund betrachtet, auf welchem wir die Bahnen der e, des Mondes, der Planeten und Kometen projicirt erblicken. Zwar wir bereits gesehen, dass die Länge sämmtlicher Gestirne in Folge Rückganges der Aequinoctialpunkte fortwährend zunimmt, dass auch Breite derselben in Folge der Nutation veränderlich ist; dass also er die Erdaxe noch die Ebene der Erdbahn eine unveränderliche im Weltraume haben. Bei alledem könnten aber doch wenigstens Fixsterne unter sich eine absolut unveränderliche Stellung gegen nder haben; allein auch das ist nicht der Fall, obgleich die hierher rigen Verschiebungen so gering sind, dass sie erst nach Verlauf von nderten eine namhafte Grösse erreichen, und in kürzeren Zeit-n nur durch Beobachtungen von der äussersten Genauigkeit nach-sen werden können.

Halley suchte zuerst eine solche Ortsveränderung am Sirius, Arctu-nd Aldebaran darzuthun, und in der That steht gegenwärtig Arctu-m $2^1/_2$ Vollmondbreiten von der Stelle entfernt, welche er zu Hip-ch's Zeiten einnahm.

Seitdem man überhaupt die Sternörter genauer zu bestimmen im e ist, hat man eine solche langsam fortschreitende Ortsveränderung noch für andere Sterne nachgewiesen; zunächst geschah dieses von Herschel, welcher seine eigenen Beobachtungen mit denen Flam-d's verglich, und namentlich durch Bessel's und Argelander's gleichung von Bradley's Sternpositionen für 1755 mit neueren nkatalogen.

Diejenigen Sterne, an welchen man bis jetzt die grösste eigene Be-gung beobachtet hat, sind:

2151 Puppis des Schiffes, sechster Grösse, mit einer fortschreit Bewegung von 7,87 Secunden jährlich; ε Indi, erleidet eine jährlich schiebung von 7,74″, und ein Stern siebenter Grösse auf der Grän Jagdhunde und des grossen Bären, Nr. 1830 des Katalogs der C polarsterne von Groombridge eine solche von 7 Secunden. Auf folgen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 61 Cygni, | Doppelstern | 5. 6$^m$ | 5,12″ jährlich, |
| δ Eridani, | „ | 4. 5$^m$ | 4,08 „ |
| μ Cassiopeiae, | | 6$^m$ | 3,74 „ |
| α Centauri, | | 1$^m$ | 3,58 „ |
| α Bootis, | | 1$^m$ | 2,25 „ |

Nach 3000 Jahren werden ungefähr 20 Sterne sich um meh von ihrer gegenwärtigen Stelle entfernt haben.

115 **Jährliche Parallaxe der Fixsterne.** Wenn die Le Copernicus richtig ist, dass die Erde gleich den anderen Plane Sonne umkreise und dass die scheinbare gung der Sonne am Himmelsgewölbe n Folge der wahren Bewegung der Erde müssen auch die Fixsterne eine von der ( änderung der Erde herrührende scheinbar gung zeigen und dadurch ihre gegenseitig lungen ändern. Diese scheinbaren Bewegun Fixsterne aber, welche ihrer Entstehung i eine jährliche Periode gebunden sein müsse den um so kleiner sein, je weiter die F von uns entfernt sind.

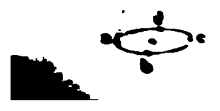
Fig. 169.



Untersuchen wir nun zunächst, von Art die scheinbare Bewegung der Fixster muss, welche durch die jährliche Beweg Erde erzeugt wird.

In Fig. 169 sei $s$ ein Fixstern, $ab$ Erdbahn. Wenn sich die Erde gerade in det, so sehen wir den Stern in $a'$ an d melsgewölbe projicirt; wenn die Erde na gelangt ist, so sind $b', c', d'$ die Orte des H gewölbes, auf welche uns der Stern $s$ proj scheint.

Im Laufe eines Jahres beschreibt Fixstern in Folge der jährlichen Wander Erde um die Sonne am Himmelsgewölbe s eine Ellipse $a' b' c' d'$, welche der Erdba sie vom Stern $s$ aus gesehen erscheint, voll gleich ist.



Der Fixstern erreicht den nördlichsten Punkt seiner scheinbaren
a zur Zeit des Sommersolstitiums, den südlichsten zur Zeit des Winter-
itiums. Zur Zeit des Frühlingsäquinoctiums zeigt der Stern seine
ste östliche, zur Zeit des Herbstäquinoctiums seine grösste westliche
eichung von dem mittleren Orte *m*, an welchem wir den Stern sehen
len, wenn wir uns auf der Sonne befänden.

Von einem Fixstern aus gesehen, erscheint die Erdbahn stets als eine
se, welche um so mehr von der Kreisgestalt abweicht, je kleiner der
kel ist, welchen eine von dem Fixstern zur Sonne gezogene Linie mit
Ebene der Erdbahn macht. Ist dieser Winkel ein rechter, steht also
fragliche Stern im Pol der Ekliptik, so wird die scheinbare Bahn,
ie er im Laufe eines Jahres beschreibt, ein Kreis sein. Für jeden
ren Stern ist die scheinbare jährliche Bahn eine Ellipse, deren grosse
parallel mit der Ekliptik ist, und diese grosse Axe bleibt bei gleicher
ernung des Fixsterns unverändert, wie weit er sich auch der Ebene
Ekliptik nähern mag, während die kleine Axe der Ellipse von dem
kel abhängt, welchen die von dem Stern zur Sonne gezogene Linie
der Ekliptik macht. Diese kleine Axe wird Null für alle Fixsterne,
he in der Ebene der Ekliptik selbst liegen.

Die grosse Axe der eben besprochenen Ellipse nennt man die **jährliche Parallaxe** des Fixsterns. Es ist klar, dass die jährliche Paral-
von der Entfernung der Gestirne abhängt, dass sie grösser sein muss
die näheren, kleiner für die entfernteren Fixsterne. Betrüge die jähr-
Parallaxe eines Fixsterns
', so wäre seine Entfernung = 57 Halbmessern der Erdbahn,
" " " " " = 3438 " " "
" " " " " = 206265 " " "

Als **Copernicus** mit seinem neuen Weltsystem auftrat, hatte man
keine Spur einer jährlichen Parallaxe an Fixsternen wahrgenommen;
gegenseitige Stellung galt für absolut unveränderlich, und die An-
er des alten Systems verfehlten nicht, diesen Umstand gegen Coper-
s geltend zu machen, welcher diesen Einwürfen weiter nichts ent-
nsetzen konnte, als dass die Entfernung der Fixsterne so gross sei,
die jährliche Parallaxe einen für den damals erreichbaren Grad
Genauigkeit astronomischer Messungen verschwindend kleinen Werth
e.

Von nun an war das eifrige Bestreben der Astronomen darauf ge-
tet, die Genauigkeit der Beobachtung möglichst zu steigern, um die
iche Parallaxe einzelner Fixsterne zu ermitteln und dadurch nicht
in die Richtigkeit des **Copernicanischen** Systems zu beweisen, son-
n auch die Entfernung dieser Fixsterne zu bestimmen.

**Grösse der jährlichen Parallaxe und Entfernung der Fixsterne.** 116 **Tycho de Brahe** vervollkommnete die astronomischen
bachtungsmethoden so weit, dass die von ihm gemachten Ortsbestim-

mungen der Fixsterne bis auf 1′ genau sind, und doch war aus Tyc
Beobachtungen noch keine Parallaxe der Fixsterne nachzuweisen.

Der nächste Schritt in der Entwickelung astronomischer Messu
wurde nun durch die Combination von Kreistheilungen mit einem F
rohre gemacht, welches mit einem Fadenkreuz versehen ist. Dad
erreichten die Beobachtungen von Flamsteed und Römer eine Gen
keit, bei welcher die Fehlergränze auf $1/_6$ derjenigen reducirt w
welche bei den Tychonischen Beobachtungen noch vorkommen ka

In der That beobachtete nun Flamsteed Ortsveränderungen
Fixsterne, welche aber dem Gesetze der parallactischen Bewegung 
entsprachen, also von einer anderen Ursache als der jährlichen Para
herrühren mussten.

Zunächst nahm dann Hooke (1669) diesen Gegenstand wieder
Um die geringsten Ortsveränderungen eines Fixsternes beobachten
messen zu können, stellte er ein mit einer Kreistheilung versehenes 
rohr so auf, dass es nahezu nach dem Zenith gerichtet war und nur
unbedeutende Drehung in der Meridianebene zuliess. Mit einer so
Vorrichtung, deren Aufstellung unverändert blieb und welche zu k
anderen Zwecke benutzt wurde, konnte man natürlich die Zenithdista
von Fixsternen, welche bei ihrer Culmination nahe durch das Z
gehen, sehr genau beobachten und die geringsten Veränderungen i
Zenithdistanz eines und desselben Sternes wahrnehmen. So zweckm
aber auch Hooke's Beobachtungsmethode war, so gelangte er d
doch zu keinem Resultate.

Im Jahre 1725 nahm Molyneux in Gemeinschaft mit Bradley
Hooke'sche Beobachtungsmethode mit ganz vortrefflichen Instrume
wieder auf, mit welchen die Zenithdistanz eines Sternes bis auf 1″ g
bestimmt werden konnte. Zunächst wurde der Stern $\gamma$ im Kopf
Drachen zum Gegenstande einer genauen Untersuchung gewählt.

Die Beobachtung wurde zur Zeit des Wintersolstitiums begon
wo der Stern der Theorie zufolge den südlichsten Punkt seiner jährl
Bahn erreicht haben musste; statt aber nun stillzustehen und dann 
sam nach Norden fortzuschreiten, ergab sich, dass der Stern noch 
nach Süden fortschritt, und erst ein Vierteljahr später die südli
Gränze seiner Bahn erreichte. Jetzt stand $\gamma$ draconis 20″ südlicher
im Anfange der Beobachtungen; nach einem halben Jahre war die Ze
distanz wieder dieselbe wie im December, und im September befand
der fragliche Stern 39″ nördlicher, als man ihn im März gefunden 

Somit war eine bedeutende, an eine jährliche Periode gebun
Ortsveränderung des Sternes unwiderleglich nachgewiesen; allein es
nicht die gesuchte Parallaxe, sondern eine Folge der Aberration
Lichtes, welche im nächsten Buche besprochen werden soll. Durc
Aberration des Lichtes war nun, wie wir alsbald sehen werden, die
wegung der Erde um die Sonne ebenso unwiderleglich dargethan, 
durch die Nachweisung der Parallaxe hätte geschehen können;

hne die Grösse der jährlichen Parallaxe selbst gemessen zu haben, blieb s doch unmöglich, die Entfernung der Fixsterne zu bestimmen.

Die Entdeckung der Aberration des Lichtes musste der Nachweisung er jährlichen Parallaxe nothwendig vorausgehen; denn aus den Beachtungen lässt sich die Parallaxe erst dann nachweisen, wenn man e Wirkungen der Aberration in Abzug bringt.

Von der Ansicht ausgehend, dass die hellsten Fixsterne uns wohl ch die nächsten sein möchten, suchte Piazzi (1805) die Parallaxe der ega, des Aldebaran, des Sirius und des Procyon zu ermitteln, und aubte auch eine solche aufgefunden zu haben; doch fehlt seinen Reltaten die nöthige Sicherheit, wahrscheinlich in Folge des zu häufigen ebrauches, welchen Piazzi von seinen Instrumenten gemacht hat.

Im Jahre 1838 gelang es endlich Bessel, die Parallaxe des Doppelerns 61 cygni, an welchem er bereits 1812 eine bedeutende eigene wegung nachgewiesen hatte, und von welchem sich eben deshalb verthen liess, dass er zu den uns näher liegenden Fixsternen gehöre, er Zweifel zu setzen. Bei einem wahrscheinlichen Fehler von 0,02″ nach Bessel's Messungen, die jährliche Parallaxe von 61 cygni ich 0,37 Secunden.

Die Methode, durch welche Bessel zu diesem Resultat gelangte, ist n derjenigen abweichend, welche oben angedeutet wurde. Bei der stimmung der Zenithdistanz können zahlreiche Fehlerquellen die Genaigkeit des Resultates beeinträchtigen, z. B. nicht vollständig genaue instellung des Fernrohrs, Fehler im Ablesen des Nonius, Fehler in der heilung selbst; ungleiche Erwärmung der einzelnen Theile des Instruentes, wodurch Spannungen und Verschiebungen hervorgebracht werden. zu kommt noch, dass die Beobachtungsresultate in Beziehung auf berration, atmosphärische Refraction u. s. w. corrigirt werden müssen.

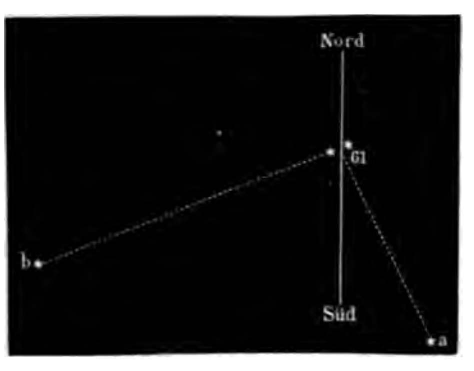
Die Methode, welche Bessel wählte, besteht darin, zu verschiedenen iten des Jahres den Abstand des zu prüfenden Sternes von benachten Sternen mit Hülfe des auf Seite 102 beschriebenen Heliometers messen, welche mit ihm gleichzeitig im Gesichtsfelde des Fernrohres scheinen. Hier sind nun die Einflüsse der Aberration und Refraction minirt, weil sie für beide Sterne so gut wie gleich sind, und ebenso llen auch die übrigen oben angedeuteten Fehlerquellen weg. Man erlt auf diese Weise eigentlich nur die Differenz der jährlichen Parallaxe r beiden Sterne, deren Positionen man mit einander vergleicht, und r, wenn man die Parallaxe des einen als verschwindend klein annehmen an, die jährliche Parallaxe des anderen.

Fig. 170 stellt die gegenseitige Stellung des Doppelsterns 61 cygni d zweier Sterne neunter bis zehnter Grösse dar, mit deren Lage essel die des Doppelsternes verglich. *a* ist im Mittel nur 7′ 22″, *b* r 11′ 46″ von dem Punkte entfernt, welcher in der Mitte der beiden terne 61 cygni liegt. Der Abstand dieser beiden Sterne ist in unserer igur, der Deutlichkeit halber, doppelt so gross dargestellt, als es im

Verhältniss der Entfernung der beiden Sterne *a* und *b* eigentlic
sollte.

Bessel hat seine Beobachtungen am 16. August 1837 ange
und bis zum 2. (
1838 fortgesetzt. In
Zeit sind 85 Vergl
gen des Sternes 61
des Punktes, welc
der Mitte zwischen
Sternchen liegt, m
Sterne *a* und 98 m
Sterne *b* gelungen.
derselben ist das r
Resultat mehrerer, g
lich 16 in derselbe
gemachter Wiede
gen der Messung.

Fig. 170.




Aus diesen Messungen hat sich nun in der That herausgestell
auf den Stern *a* bezogen, 61 cygni im Laufe eines Jahres eine
beschreibt, deren halbe grosse Axe 0,37″ ist, und dass, ganz wi
Parallaxe fordert, die Entfernung zwischen *a* und 61 cygni zu A
des Jahres am kleinsten, in der Mitte am grössten ist. Betracht
nun die Parallaxe von *a* als 0, so ist demnach die jährliche Pa
von 61 cygni gleich 0,37″, wie bereits oben angeführt wurde.

Durch die Vergleichung unseres Doppelsternes mit *b* ergab s
Differenz der Parallaxe beider Sterne gleich 0,26″, woraus denn
geht, dass höchst wahrscheinlich *b* selbst eine merkliche Parallaxe

Nach Peters hat man bereits für 33 Sterne die jährlich
rallaxen bestimmt; sie ist am grössten für diejenigen fünf Sterne,
sich in der folgenden kleinen Tabelle verzeichnet finden.

| Fixsterne. | Parallaxe. | Entfernu |
|---|---|---|
| α Centauri . . . . . | 0,91″ | 220 000 Erdw |
| 61 cygni . . . . . . | 0,37 | 550 000 . |
| Sirius . . . . . . . | 0,23 | 890 000 . |
| α lyrae . . . . . . . | 0,21 | 970 000 . |
| Arcturus . . . . . . | 0,13 | 1 600 000 . |

Der schöne Doppelstern α Centauri, nach dem Sirius der
Stern des Firmamentes, aber bei uns nicht sichtbar, ist demnac
allen Fixsternen unserem Sonnensystem am nächsten. Seine Paral

die von Henderson im Jahre 1832 und von Maclear im Jahre 1839 Cap der guten Hoffnung angestellten Beobachtungen bestimmt worden.

**Doppelsterne.** Als man dahin gekommen war, das Auge für Anblick des Himmels durch Fernrohre zu schärfen, bemerkte man dass an mehreren Stellen, wo das freie Auge nur einen einfachen wahrgenommen hatte, zwei oder manchmal noch mehr Sterne neben der standen. Man nannte solche durch Fernrohre trennbare Punkte elsterne. 117

Bis zum Jahre 1783 hatte W. Herschel bereits 450 Doppelsterne chtet, deren Distanz kleiner war als 32″.

Anfangs war Herschel der Ansicht, dass das nahe Zusammenstehen er Sterne nur zufällig sei; als aber die Anzahl der beobachteten elsterne immer mehr zunahm, wurde es höchst unwahrscheinlich, diese Doppelsterne, von unserem Standpunkte aus gesehen, nur eben nahe bei einander zu stehen schienen, und er gelangte nun zu berzeugung, dass die Mehrzahl der Doppelsterne in der That nicht optisch einander nahe, sondern dass sie auch physisch in näherer ng zu einander stehen.

Die fortgesetzte genaue Beobachtung der Doppelsterne durch meh- ausgezeichnete Astronomen, namentlich durch Struve in Dorpat, n diese Ansicht über allen Zweifel erhoben.

Struve hat bereits 2641 Doppelsterne verzeichnet, unter denen sich dreifache, 9 vierfache und 2 fünffache befinden.

Gewöhnlich ist einer der beiden Sterne viel kleiner als der andere, beim Polarsterne, wo der eine ein Stern zweiter, der andere Grösse ist. Bei anderen Doppelsternen dagegen sind beide ein- an Grösse nahe gleich, wie z. B. bei $\gamma$ arietis, wo beide Sterne Grösse sind. Castor besteht aus einem Stern dritter und einem vierter Grösse. Der Doppelstern $\gamma$ leonis wird durch einen Stern und einen dritter Grösse gebildet; $\gamma$ virginis besteht aus zwei dritter Grösse u. s. w.

Die Doppelsterne sind ein gutes Prüfungsmittel für Fernrohre.

Den Stern Mizar, im Schwanz des grossen Bären, kann ein schar- uge bei sehr reiner Luft schon ohne alle Bewaffnung als einen dop- erkennen, d. h. dicht bei dem Hauptsterne erblickt man einen eren, welcher Alkor oder das Reiterchen genannt wird. Schon h ein Theaterfernrohr erblickt man Mizar und Alkor ziemlich weit nt, während durch Fernrohre von 50- bis 70facher Vergrösserung Sterne schon so weit von einander getrennt erscheinen, dass man mehr versucht ist, sie als zusammengehörig anzusehen. Durch ein Fernrohr erkennt man aber nun den Hauptstern Mizar selbst als wahren Doppelstern. Um den Doppelstern $\gamma$ Andromedae oder $\alpha$ Jagdhunde aufzulösen, ist schon ein gutes zweifüssiges Fernrohr von bis 70facher Vergrösserung nöthig. Ein vierfüssiges Fernrohr von

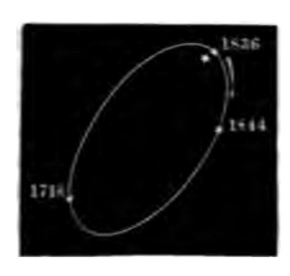
100- bis 120facher Vergrösserung löst Castor und den Polarste
Um aber die beiden Sterne von $\gamma$ virginis und $\beta$ Orionis getre
sehen, muss man schon sehr gute Instrumente in Anwendung brin

Wenn die Doppelsterne wirklich physische Doppelsterne s
werden sie auch eine gegenseitige Wirkung auf einander ausüb
werden ein System bilden und um einen gemeinschaftlichen Schw
kreisen: die Folge einer solchen Bewegung wird aber die sein, d
allein die Richtungslinie, welche die beiden Sterne verbindet
am Himmel ändert, sondern dass auch die scheinbare Ent
selben variirt. Bei vielen Doppelsternen hat man nun
lungsveränderung mit voller Gewissheit nachgewiesen.

Castor wurde seit 1729 als Doppelstern beobachtet, und sei
Zeit hat der Begleiter bereits 100° in seiner scheinbaren Bahn u
Hauptstern zurückgelegt.

Bradley erkannte bereits im Jahre 1718 $\gamma$ virginis als Dopp
damals betrug der Abstand der beiden Sterne 7″. Anfangs 18
ihre Entfernung so klein, dass sie wie ein einfacher Stern ersc
seitdem ist aber ihr Abstand wieder gewachsen; dabei drehte s
Richtungslinie, welche die beiden Sterne verbindet, von Südwest
West, Nord u. s. w. seit der ersten Beobachtung um mehr al
Nimmt man den einen als fest an, so ist die Bahn, welche der
um ihn beschreibt, eine Ellipse, wie es Fig. 171 darstellt. Es
dieser Figur auch die Stellen be
welche der bei der ersten Beob
südwestlich stehende Stern zu Anf
Jahres 1836 und 1844 einnahm
man den anderen zum Ausgang
der Ortsbestimmung macht. Im
1838 war der Abstand der beiden
bereits wieder 1″. Da jetzt die Ent
der beiden Sterne noch im Wach
griffen ist, so wird dieser Doppelst
wieder leichter aufzulösen sein, al
fang der 40er Jahre. Die Umlaufszeit dieses Doppelsternes
169 Jahre; im Jahre 1875 wird also die gegenseitige Stellung
sein, wie zu Bradley's Zeit.

Fig. 171.




Folgende Tabelle enthält einige bereits bestimmte Umlaufszei
Doppelsternen:

| | | |
|---|---|---|
| $\zeta$ Herculis | 30 | Jahre |
| $\xi$ ursae majoris | 61 | „ |
| p Ophiuchi | 74 | „ |
| $\alpha$ Centauri | 77 | „ |
| $\gamma$ virginis | 169 | „ |
| Castor | 153 | „ |
| $\sigma$ coronae | 608 | „ |

Bahnen der Doppelsterne würden uns dann in ihrer wahren also unverkürzt erscheinen, wenn die von ihnen zur Erde geinie rechtwinklig auf der Bahnebene stände; dies ist aber fast 'all, und deshalb sehen wir die Doppelsternbahnen fast immer verkürzt. So zeigt Fig. 172 die scheinbare und die aus derselben abgeleitete wahre Bahn des Doppelsternes $\mu$ coronae, dessen Umlaufszeit 42,5 Jahre beträgt.

ig. 172.

Die Zahl der Doppelsterne, deren Bahnelemente bis jetzt ermittelt worden sind, beträgt 16. An vielen anderen hat man zwar gegenseitige Verrückungen wahrgenommen, doch reichen die ungen nicht hin, um mit einiger Sicherheit Umlaufszeit und Ge- Bahn daraus abzuleiten. Bei anderen hat man endlich noch Stellungsänderung bemerkt, und diese sind wahrscheinlich nur nicht physische Doppelsterne.

genauere Untersuchung der Doppelsternbahnen zeigt, dass sie ıen den **Kepler'schen** Gesetzen entsprechen, **dass also in den testen Himmelsräumen, so weit unsere Blicke nur mit er besten Fernrohre vorzudringen vermögen, die all- Massenanziehung ganz in derselben Weise die Bewe- der Himmelskörper beherrscht, wie dies in unserem nsystem der Fall ist. Das Gesetz der allgemeinen erstreckt sich über die ganze Schöpfung.**

e Zweifel sind alle Fixsterne selbst leuchtende Weltkörper, wie onne, und um sie kreisen wohl Planeten, welche von ihnen Licht me empfangen, wie wir von der Sonne. Auch die Doppelsterne lche Systeme, welche sich aber von unserem Planetensysteme, in sich nur ein Centralkörper von weitaus überwiegender Masse dadurch unterscheiden, dass sie **zwei** Sonnen enthalten, welche einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt kreisen.

dunklen Planeten jener Fixsternsysteme werden wohl für immer chlichen Beobachtung entgehen.

**'tschreiten unseres ganzen Planetensystemes im ume.** Die eigenen Bewegungen der Fixsterne, welche im ersten hen dieses Capitels besprochen wurden, finden nach den verten Richtungen Statt, aber doch zeigt sich, dass die Bewegung er bestimmten Richtung hin entschieden vorherrschend ist, so die meisten Fixsterne, an denen man eine solche fortschreitende g wahrgenommen hat, scheinbar einem bestimmten Punkte des nähern; am wahrscheinlichsten ist es nun, dass diese den vern Fixsternen gemeinsame Bewegung von einer in entgegen- Richtung stattfindenden Bewegung unserer Sonne herrührt. **Herschel's** Bestimmungen liegt der Punkt, gegen welchen sich 118

unsere Sonne sammt allen sie umkreisenden Planeten und Komete bewegt, nahe beim Sternbilde des Hercules (260° 44′ Rectasc 26° 16′ nördliche Declination), womit die Bestimmungen von Arg der, Gauss und Struve nahezu übereinstimmen. Galloway ver es, den Punkt des Himmels, gegen welchen sich unser Sonnensyste bewegt, nur aus der eigenen Bewegung von Fixsternen der süd Hemisphäre abzuleiten, und gelangte ebenfalls zu einem Resultat ches sehr nahe mit dem aus nördlichen Sternen berechneten überein (260° Rectascension, 34° 23′ nördliche Declination).

Nun ist es aber nicht wahrscheinlich, dass die fortschreiten wegung unseres Planetensystemes im Weltraume eine geradlini vielmehr ist wohl die innerhalb mässiger Gränzen bestimmte Ri dieser Bewegung nur die Tangente seiner Bahn.

Nehmen wir nun an, dass unser Sonnensystem mit allen vers entfernten Fixsternen um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt so ist klar, dass der Mittelpunkt dieser Kreisbewegungen 90° vo Punkte entfernt liegen müsse, gegen welchen sich unser Sonnen hinbewegt. Mädler sucht den fraglichen Schwerpunkt in der Pl gruppe, und zwar nahe bei Alcyone, dem hellsten Sterne derselbe

Die Ansicht, welche man wohl früher hegte, dass unsere Sonne allen ihren Planeten und Kometen selbst wieder um einen selbstle den oder dunklen Centralkörper rotire, wie Jupiter und Saturn ihren Trabanten um die Sonne, gehört nur in das Reich der myt Hypothesen.

# ZWEITES BUCH.

# KOSMISCHE UND ATMOSPHÄRISCHE LICHTERSCHEINUNGEN.



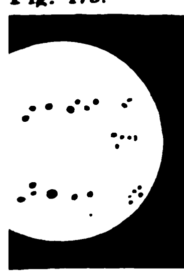
Erstes Capitel.

# ˌicht der Himmelskörper und seine Verbreitung im Weltraume.

---

**›nnenflecken.** Wenn man die Sonne durch ein Fernrohr be- 119
., wobei man aber ihres starken Glanzes wegen ein sehr dunkel-
ı Glas (Blendglas, Sonnenglas) vor das Ocular bringen muss,
so bemerkt man auf ihrer Oberfläche bald mehr, bald weniger dunkle Flecken, ungefähr in der Art, wie es Fig. 173 zeigt. Wenn man die Beobachtung nach einigen Tagen wiederholt, so ergiebt sich, dass sie auf der Sonnenscheibe eine fortschreitende Bewegung von Ost nach West haben. Nachdem sie in der angegebenen Richtung die ganze Sonnenscheibe durchlaufen haben, verschwinden sie am westlichen Rande, um nach einigen Tagen auf der Ostseite wieder zu erscheinen.

Fig. 173.



hon aus den Beobachtungen der Sonnenflecken, welche die ersten ker derselben anstellten, ergab sich eine Rotationsdauer der Sonne gefähr 25 Tagen. Spörer bestimmte nach seinen höchst sorg- angestellten Beobachtungen die Rotationsdauer der Sonne zu ʒen 5 Stunden und 38 Minuten und den Winkel, welchen der näquator mit der Ekliptik macht, zu 6° 57′.

:heiner machte bereits darauf aufmerksam, dass die dem Sonnen- r näheren Flecke eine kürzere Rotationsdauer ergeben, als die ent- en, aber erst Laugier zeigte mit voller Gewissheit, dass eine ewegung der Sonnenflecke besteht. Carrington und Spörer , dass die Flecken der höheren Breiten, also die vom Sonnen-

äquator entfernteren, ein Hinaufrücken nach dem nächsten Pole während sie sich gleichzeitig mit der ganzen Sonnenkugel u Axe drehen.

Die Sonnenflecken sind im Allgemeinen sehr veränderliche bald sind sie zahlreicher und grösser, dann wieder seltener und manchmal ist die Sonne ganz fleckenfrei. — Bald sieht man neue entstehen und allmälig grösser werden, dann dieselben wieder al und allmälig verschwinden; ebenso zeigen sie stets mehr oder bedeutende Formveränderungen.

Die grösseren Sonnenflecken, deren Ausdehnung oft die Ol unserer Erde übertrifft, sind selbst dem unbewaffneten Auge sicht

Im Jahre 1833 war die Sonne an 139, im Jahre 1843 wa 149 Tagen fleckenlos und es zeigten sich in diesen Jahren üb wie auch im Jahre 1834 die Flecken nur wenig zahlreich; wäl den Jahren 1828 und 1829, ferner 1838 und 1839 die Sonne se Flecken zeigte und im Laufe dieser Jahre nie ohne Flecken wurde. Im Jahre 1828 erschien sogar ein mit blossem Auge si Fleck. Nach den Beobachtungen von Schwabe in Dessau, welc seit 1826 ganz speciell mit diesem Gegenstand beschäftigt hat, in der Ab- und Zunahme der Flecken eine Periodicität von l 10 Jahren stattzufinden. Wolf aber hat nachgewiesen (Neue suchungen über die Periode der Sonnenflecken, Bern 1852), d in den zwei Jahrhunderten zwischen Fabricius, dem Entdec Sonnenflecken, und Schwabe die Sonnenflecken periodisch auf sind. Mit Hülfe älterer und neuerer Beobachtungen hat Wolf riode genauer auf $11^1/_9$ Jahr bestimmt.

Das letzte Minimum der Sonnenflecken fiel auf das erste des Jahres 1860, das nächste Maximum wird im Jahre 1871 warten sein.

Man vermuthete, dass die grössere oder geringere Häufigl Sonnenflecken einen Einfluss auf unsere Witterungsverhältnisse müsse, dass fleckenreichere Jahre kühler sein müssten; die Er scheint eine solche Annahme nicht zu bestätigen, dagegen fin auffallender Zusammenhang zwischen den Sonnenflecken und den tischen Variationen statt, indem sich die magnetischen Vari am stärksten zeigen, wenn zahlreiche Sonnenflecken vorhande während das Minimum der Sonnenflecken auch mit dem Minim magnetischen Variationen zusammenfällt. R. Wolf schliesst dara hier ein Causalnexus stattfinde.

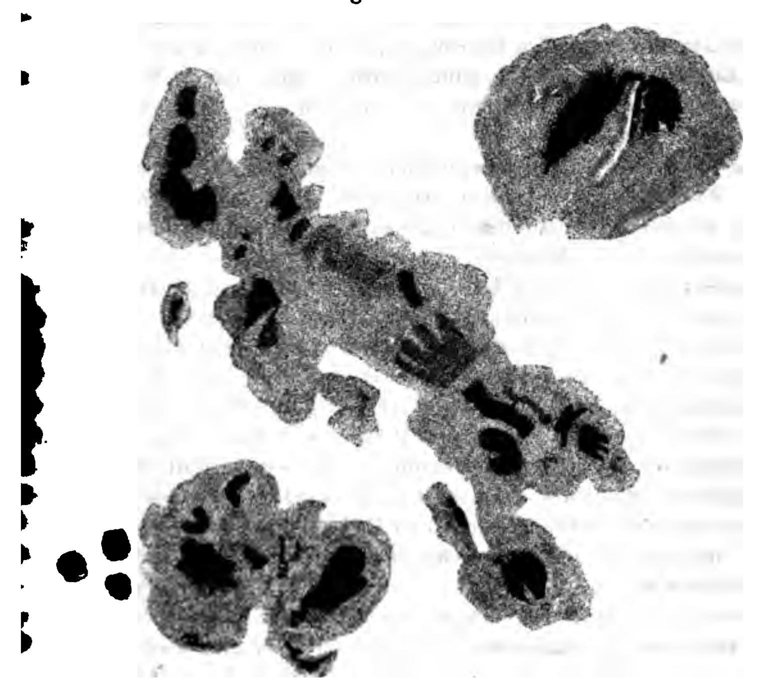
Die Sonnenflecken wurden zum ersten Male von Johann Fal 1611 beobachtet; Galiläi entdeckte sie im Jahre wandte zu ihrer Beobachtung zuerst die bereits von en Blendgläser an, deren Nichtgebrauch wohl vorzu Erblindung veranlasste.



**Die physische Beschaffenheit der Sonne.** Bei genauerer 120
trachtung der Sonnenflecken erkennt man, dass der eigentlich ganz
nkle Kern derselben gleichsam mit einem Halbschatten umgeben ist,
lcher den Namen der Penumbra führt.



Fig. 174.



Die Contouren des Kerns sowohl wie der Penumbra sind unregel-
ig gestaltet und meist liegen mehrere Kerne in einer gemeinschaft-
n Penumbra, wie Fig. 174 zeigt, welche eine getreue Darstellung
ich beobachteter Sonnenflecken ist.

Durch ein farbiges Sonnenglas kann man natürlich die wahre Farbe
Sonnenflecken nicht sehen; um diese zu erkennen, erzeugte Busolt
elst eines 6füssigen Fernrohres ein Sonnenbild auf weissem Papier
r auf einer Scheibe von feinem Gyps, welche auf eine Spiegelplatte
r gegossen worden. Die Sonnenscheibe selbst erschien nun farblos,
r durchweg hellviolett gesprenkelt. Die Flecken bestanden aus dunkel-
tten Kernen, welche mit einem prächtig gelben Hofe umgeben waren.
In der Nähe der Flecken zeigen sich häufig Stellen, welche heller
d als der übrige Theil der Sonnenscheibe und welche man Sonnen-
ckeln nennt.

Wilson hat zuerst die Beobachtung gemacht, dass die Penumbra
r Sonnenflecken beim Fortrücken gegen den westlichen Sonnenrand

auf der Ostseite des Fleckens rascher verschwindet, dass hier der Ker
schärfer begränzt erscheint, als auf der Westseite. Auf diese Ersch
nung gründet Herschel die folgende, auch von Arago vertret
Hypothese über die Constitution der Sonne.

Der eigentliche Kern der Sonne ist eine dunkle Kugel, welche ri
um von einer Gasatmosphäre umgeben ist. In dieser Atmosphäre sch
ben nun zwei wolkenartige Schichten, von denen die äussere stark le
tende die Photosphäre genannt wird. Die innere Wolkensch
dagegen ist entweder nur schwach leuchtend oder vielleicht auch
durch die äussere erleuchtet.

Es erscheinen nun Sonnenflecken, so oft die Photosphäre und
untere Wolkenschicht durch irgend eine unbekannte Ursache du
brochen werden und man durch die Oeffnungen auf den dunklen K
der Sonne hinabsehen kann.

Denken wir uns, dass sich über der Oeffnung der unteren Wol
schicht eine grössere Oeffnung der Photosphäre befindet, so wird
in gerader Richtung durch die beiden Oeffnungen hindurchschauend
Stück des dunklen Kerns der Sonne sehen. Rings um diesen du
Fleck herum sieht man aber eine Partie der unteren, schwächer le
tenden Wolkenschicht, welche die Penumbra bildet. Sieht man
schräg durch diese Oeffnungen hindurch, wie es der Fall ist, wenn
Fleck nahe am Sonnenrande erscheint, so wird auf der einen Seite
Rand der unteren Oeffnung durch den Rand der oberen gedeckt wer
so dass hier die Penumbra verschwindet, während sie auf der and
Seite sichtbar bleibt.

Diese Vorstellung von der Beschaffenheit der Sonne steht aber
Widerspruch mit anerkannten Gesetzen der Physik und Geologie.

Wenn irgend ein glühender Körper durch Ausstrahlen erkal
so kann die Erkaltung nur von Aussen nach Innen fortschreiten;
äussere Hülle wird zuerst erkalten und erstarren, während der vo
eingeschlossene Kern sich noch in feurig flüssigem Zustand befindet,
dies z. B. für unsere Erde auf das Unzweifelhafteste dargethan ist.

Es ist demnach nicht wohl möglich, dass der innere Kern der S
schon zu einer dunklen Masse erkaltet sein soll, während er von
glühenden Atmosphäre umgeben ist. Ja nehmen wir sogar an, dass
solcher Zustand wirklich stattfände, so könnte er kein dauernder
weil der dunkle kalte Kern, fortwährend Wärmestrahlen von der Ph
sphäre erhaltend, ohne sie nach irgend einer Seite hin frei ausstra
zu können, sich rasch erwärmen müsste, während die Photosphäre,
beiden Seiten Wärme ausstrahlend, bald erkalten müsste. Kurz,
solcher Zustand könnte nur ein vorübergehender sein, während doch
Sonne schon Jahrtausende hindurch als glühender Körper ihre Stra
in den Himmelsraum aussendet. Eine solche Beständigkeit ist nur
die Annahme einer weissglühenden Masse von den enormen Dimensi
des gesammten Sonnenkörpers erklärlich. Eine glühende Photosph

irde bei ihrer geringen Masse bald ihre gesammte Wärme an den ungeheuren kalten Kern abgeben müssen.

Die ohnehin schon höchst unwahrscheinliche Herschel-Arago'sche Hypothese eines dunklen Sonnenkörpers mit glühender Photosphäre ist nur durch die Spectraluntersuchungen Kirchhoff's vollkommen unhaltbar geworden.

Ein weissglühender fester oder flüssiger Körper liefert ein vollkommen continuirliches Spectrum, während ein im Gaszustand glühender Stoff ein aus isolirten hellen Linien bestehendes Spectrum liefert. So besteht z. B. das Spectrum des glühenden Natriumdampfes aus einer einzigen gelben, das Spectrum des glühenden Strontiumdampfes aus mehreren rothen, einer orangefarbenen und einer blauen Linie u. s. w. Das in Dampfform glühende Eisen liefert ein aus über 100 hellen Linien fast aller Farben bestehendes Spectrum.

Nun hat Kirchhoff die wichtige Entdeckung gemacht, dass die prismatische Zerlegung des Lichtes, welches, von einem stark weissglühenden Körper ausgehend, durch einen im Gaszustand glühenden Stoff hindurchgegangen ist, ein Spectrum liefert, welches gerade an der Stelle durch schwarze Linien unterbrochen ist, an welchen das glühende Gas für sich selbst helle Linien liefert. So liefert z. B. das Drummond'sche Kalklicht ein continuirliches Spectrum; wenn man es aber durch eine mittelst Kochsalz intensiv gefärbte (für sich selbst farblose und schwach leuchtende) Gasflamme gehen lässt, so zeigt sich eine schwarze Linie gerade da, wo die Natriumflamme für sich allein, d. h. ohne den weissglühenden Hintergrund, eine helle gelbe Linie erzeugt hätte.

Kurz alle hellen Spectrallinien, welche durch gasförmig glühende Stoffe erzeugt werden, werden in schwarze Linien verwandelt, wenn sich hinter dem gasförmig glühenden Stoff ein weissglühender Körper befindet, dessen continuirliches Spectrum eben durch jene schwarzen Linien unterbrochen erscheint. (Vgl. mein Lehrbuch der Physik 7. Aufl. Bd. I. S. 634 u. ff.)

Nun aber liefert uns die prismatische Zerlegung des Sonnenlichtes keineswegs als ein continuirliches Spectrum, sondern es erscheint durch zahlreiche dunkle Linien durchschnitten, welche unter dem Namen der Fraunhofer'schen Linien bekannt sind. Sehr viele dieser Fraunhofer'schen Linien fallen nun aber genau mit den hellen Linien zusammen, aus denen das Spectrum verschieden gefärbter Flammen besteht.

So fällt z. B. die Fraunhofer'sche Linie $D$ genau mit der hellen gelben Linie zusammen, welche das Spectrum einer durch Kochsalz gefärbten Flamme bildet. Sämmtliche helle Linien des Eisenspectrums fallen genau mit einer gleichen Anzahl dunkler Linien des Sonnenspectrums zusammen u. s. w.

Nach diesen Thatsachen liegt es nahe, die Fraunhofer'schen Linien aus einer Umkehrung der Flammenspectren zu erklären, wie dies Kirch-

hoff in der That gethan hat. Die Fraunhofer'schen Linien zu
klären, muss man annehmen, dass der Kern der Sonne, in festem
flüssigem Zustande befindlich, weissglühend, dass aber dieser w
glühende Kern von einer gleichfalls glühenden Gasatmosphäre umg
sei, in welcher verschiedene Stoffe in gasförmigem Zustand verbr
sind. Wir müssen alle Stoffe als gasförmig in der Sonnenatmosp
vorhanden annehmen, deren Flammenspectra aus hellen Linien beste
welche genau mit Fraunhofer'schen Linien zusammenfallen, wie
wie wir gesehen haben, für das Natrium und für das Eisen der Fal
In gleicher Weise ergiebt sich, dass die Sonnenatmosphäre ausser
trium und Eisen auch noch Magnesium, Calcium, Chrom u. s. w. ent
während die Existenz von Lithium, Aluminium, Zink, Silber, Kupfer u.
in der Sonnenatmosphäre nicht nachgewiesen ist, weil die diesen St
entsprechenden dunklen Linien im Sonnenspectrum nicht vorkom
(Lehrbuch Bd. I. S. 636.)

Es bleibt nun noch übrig, das Wilson'sche Phänomen, welches
Aufstellung der Hypothese vom dunklen Sonnenkern veranlasst hat,
nach der Annahme eines glühenden Sonnenkörpers zu erklären. S
Galiläi erklärte die Sonnenflecken für Wolken, welche in der ga
migen Atmosphäre der Sonne schweben und als dunkle Flecken auf
glänzenden Sonnenkörper erscheinen. Er sagt: „Wenn die Erde
selbstleuchtender Körper wäre, so würde sie, von fern gesehen, diesel
Erscheinungen darbieten, wie die Sonne. Je nachdem die eine oder
andere Gegend sich hinter einer Wolke befände, würde man bald an
einen, bald an der anderen Stelle der scheinbaren Erdscheibe Fle
wahrnehmen; dabei würde die grössere oder geringere Undurchsich
keit der Wolken eine grössere oder geringere Schwächung des Erdlic
herbeiführen. Zu gewissen Zeiten würde es wenig Flecken geben
anderen würde eine grosse Zahl sichtbar sein; einige würden sich
sammenziehen, andere dagegen sich weiter ausdehnen u. s. w."

Galiläi's Ansicht über das Wesen der Sonnenflecken bedarf
einiger Modificationen, um das Wilson'sche Phänomen vollständ
und ungezwungener zu erklären, als es durch die Herschel-Arago'
Hypothese vom dunklen Sonnenkörper geschieht. Kirchhoff giebt
Erklärung in folgender Weise.

„In der Atmosphäre der Sonne müssen ähnliche Vorgänge s
finden, wie in der unserigen; locale Temperaturerniedrigungen m
dort wie hier die Veranlassung zur Bildung von Wolken geben;
werden die Sonnenwolken ihrer chemischen Beschaffenheit nach von
unserigen verschieden sein. Wenn eine Wolke dort sich gebildet
so werden alle über derselben liegenden Theile der Atmosphäre a
kühlt werden, weil ihnen ein Theil der Wärmestrahlen, welche
glühende Körper der Sonne ihnen zusendet, durch die Wolken entz
wird. Diese Abkühlung wird um so bedeutender sein, je dichter
grösser die Wolke ist, und dabei erheblicher für diejenigen Punkte, we

ahe über der Wolke liegen als für die höheren. Eine Folge davon ..s sein, dass die Wolke mit beschleunigter Geschwindigkeit von oben .r anwächst und kälter wird. Ihre Temperatur sinkt unter die Glüh..., sie wird undurchsichtig und bildet den Kern eines Sonnenfleckens. ..r auch noch in beträchtlicher Höhe über dieser Wolke findet Tempe..rerniedrigung Statt; sind hier irgendwo durch die Tiefe der schon ..rschenden Temperatur oder durch das Zusammentreffen zweier Luft...me die Dämpfe ihrem Condensationspunkte nahe gebracht, so wird ..e Temperaturerniedrigung die Bildung einer zweiten Wolke bewirken, .. weniger dicht ist als jene, weil in der Höhe der geringeren Tempe..ur wegen die Dichte der vorhandenen Dämpfe kleiner ist, als in der ..fe, und die, theilweise durchsichtig, den Halbschatten bildet, wenn sie ..e hinreichende Ausdehnung gewonnen hat. — — —

Jene beiden Wolkenschichten spielen bei der Theorie der Sonnen..ken, die ich vertheidige, dieselbe Rolle, wie die beiden Oeffnungen der ..tigen Atmosphäre und der Photosphäre bei derjenigen, welche ich ..eife. Denkt man sich die beiden Wolken von denselben Dimen..n und an denselben Orten als die beiden Oeffnungen, so erklärt sich .. Wilson'sche Phänomen nach beiden Theorien in genau gleicher ..ise."

Uebrigens ist noch zu bemerken, dass das Wilson'sche Phänomen ..eswegs bei allen Sonnenflecken auftritt.

Nach Zöllner sind die Sonnenflecken ungeheure Schlackenmas..n, welche auf der feurigflüssigen Sonnenoberfläche schwimmen. In .n über der Schlackenmasse befindlichen Theilen der Sonnenatmosphäre ..sen sich aber wegen der geringeren Strahlung an dieser Stelle wol..artige Condensationsproducte bilden, durch welche hindurch die ..lackeninsel als Kernfleck erscheint, während die Wolkenwände die ..numbra bilden.

**Die Sonnenatmosphäre.** Wenn während einer totalen Sonnen..sterniss die eigentliche Sonnenscheibe vollständig durch den Mond ..rdeckt ist, so erscheint die dunkle Mondscheibe von einem Strahlen..nze (corona) umgeben, welcher sich etwa einer Glorie (dem sogenann..n Heiligenscheine) vergleichen lässt. Tab. VI. kann eine Vorstellung ..n dieser merkwürdigen Erscheinung geben, welche darauf hindeutet, ..s der feste oder flüssige glühende Sonnenkörper noch von einer gas..rmigen Atmosphäre umgeben ist. 121

Die sehr sorgfältig beobachtete totale Sonnenfinsterniss von ..842 lehrte noch Einzelheiten dieser merkwürdigen Erscheinung kennen, ..lche wohl auch früher schon bemerkt, aber nicht genügend beachtet ..rden war: es zeigten sich nämlich an mehreren Stellen an dem dunklen ..ondrande rosenfarbene Hervorragungen (Protuberanzen), welche ..osse Aehnlichkeit mit schneebedeckten Bergspitzen zeigten, die von ..r untergehenden Sonne beleuchtet sind.

Durch die Beobachtungen von 1842 aufmerksam gemacht, w
mehrere Astronomen bei der totalen Sonnenfinsterniss, welche am 2
1851 im mittleren Russland, dem nördlichen Deutschland und de
lichen Schweden stattfand, gerade auf diesen Punkt ihre Aufme
keit. — Busch, Director der Sternwarte zu Königsberg, beobacht
Phänomen gemeinschaftlich mit dem jüngeren Littrow und einig
deren Freunden der Wissenschaft zu Rixhöft (7 Meilen nordw
von Danzig). Fearnley, einer der Beobachter von Rixhöft, ha
seinen Beobachtungen eine Zeichnung entworfen, welche nach dem
niss von Busch die Erscheinung sehr treu darstellt. Tab. VI. i
Copie dieser Abbildung. An zwei Stellen, bei $a$ und bei $b$, zeigt
blassrothe kegel- oder pinselförmige Lichtbüschel, während die
thümlich gestaltete Protuberanz bei $c$ einen entschieden wolken
Charakter zeigte. Diese durch Form und Grösse ausgezeichnete
beranz trat aber gerade an einer Stelle hervor, in deren Nähe m
her auf der Sonne eine grosse von Sonnenfackeln umgebene F
gruppe beobachtet hatte.

Eine ähnliche Beobachtung war auch bei Gelegenheit einer in
1850 auf der Südsee sichtbaren Sonnenfinsterniss gemacht worden

Dass die Erscheinung des Strahlenkranzes von einem zum S
körper selbst gehörigen Stoffe herrühre, dass sie nicht et
behauptet worden war, ein Interferenzphänomen sei oder von
Wolkenmassen unserer Erdatmosphäre herrühre, geht schon au
gleichfalls von Busch gemachten Beobachtung hervor, dass währ
Dauer der totalen Finsterniss die Protuberanzen auf der Ostsei
während kleiner werden, indem der Mondrand sie mehr und m
deckt, während umgekehrt die Protuberanzen auf der Westseit
und mehr hinter dem Mondrande hervorzusteigen scheinen. I
bestätigt auch Struve, welcher durch genaue Messungen da
hat, dass das Fortrücken des Mondrandes gegen die Protuberan
Geschwindigkeit entsprach, mit welcher der Mond sich über die S
scheibe fortbewegte.

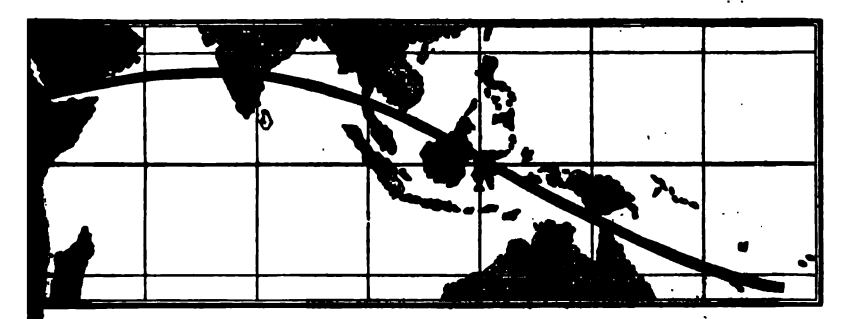
Die Beobachtung der totalen Sonnenfinsternisse, welche
stattgefunden haben, hat nicht allein die Existenz einer Sonnenatm
ausser Zweifel gesetzt, sondern auch die wichtigsten Aufschlüs
die Natur dieser Atmosphäre gegeben.

Bei der vorzugsweise in Spanien sichtbaren totalen Sonnenfin
von 1860 ergab sich, dass mehrere Protuberanzen zugleich an v
denen Orten beobachtet wurden. Alle Zweifel über die Natur der
beranzen wurden aber durch die Beobachtung der totalen Sonnen
niss vom 18. August 1868 gehoben, welche vorzugsweise durch
wendung der Spectralanalyse auf die Protuberanzen von so
Bedeutung für die Wissenschaft geworden ist, dass wir ihr eine
ausführlichere Besprechung widmen müssen.

Zur Zeit dieser Finsterniss befand sich die Sonne fast in ihre

ne, der Mond aber in seiner Erdnähe und in Folge dessen war Dauer der totalen Verfinsterung ungewöhnlich gross. Während totale Verfinsterung im Jahre 1860 nur $2^1/_2$ Minuten gedauert hatte, rug die Dauer der totalen Verfinsterung im Jahre 1868 auf der West-te von Vorderindien 5′ 10″, an der Ostküste 5′ 45″ und erreichte im f von Siam ihr Maximum von 6′ 50″. Das Kärtchen Fig. 175 zeigt Zone der Totalität, welche bei einer Breite von 30 geographischen ilen eine Länge von 2000 Meilen hatte.

Fig. 175.



Zur Beobachtung dieser Finsterniss wurden die umfassendsten Vor-rungen getroffen und insbesondere schickten England, Frankreich, terreich und der Norddeutsche Bund besondere Expeditionen an ver-iedene Punkte der Totalitätszone.

Eine norddeutsche Expedition, bei welcher sich Spörer befand, bachtete zu Mulvar an der Westküste von Vorderindien, während norddeutsche photographische Expedition ihre Aufstellung der Nähe von Aden an der Südspitze von Arabien genommen hatte. der Nähe von Aden beobachteten auch die Mitglieder der österreichi-n Expedition. Englische Beobachter waren an der West- und an Ostküste von Vorderindien placirt. An der Ostküste von Vorder-en stellte auch der französische Physiker Janssen seine ergebniss-ben Beobachtungen an, während eine andere französische Expedition n Standpunkt auf der Halbinsel Malacca gewählt hatte.

Leider ist die Beobachtung dieser vielversprechenden Finsterniss ht von der Witterung begünstigt gewesen. An der Westküste von ien, wo die Finsterniss 5 Minuten dauerte, herrschte so trübes Wetter, die deutsche Expedition die Sonne nur 5 Secunden lang durch eine lkenlücke beobachten konnte, eine Zeit, welche jedoch hinreichte, um Lage und Dimensionen einiger Protuberanzen zu bestimmen. Auf Ostküste Vorderindiens klärte sich der Himmel auf und gestattete nglichere Beobachtungen. In Aden, wo die Finsterniss um $6^h$ 20′ gens begann, herrschte zwar auch trübes Wetter, es wurde jedoch glich, die Sonne durch die Wolken zu beobachten und mehrere gute tographieen zu erhalten.

Fig. 176 stellt eine Totalansicht der Finsterniss dar; man e
in der corona deutlich mehrere Protuberanzen, von denen besond
oben rechts besonders merkwürdig ist. Sie erscheint auf den zu



Fig. 176.

aufgenommenen
graphieen und
nicht allein 32 M
später zu Mulva
ungefähr 350 Mei
Aden entfernt, v
deutschen, sonder
noch in Hinte
von der franzö
Expedition nah
derselben Lage u
stalt beobachtet,
unzweifelhaft
geht, dass diese
dem Sonnenkörpe
angehören. Die
bare Höhe dieser
beranz ist von 1
dern und Franzo
messen und gleicl
nuten gefunden worden, wonach die wahre Höhe dieses Gebildes
20,000 geographische Meilen betragen muss. Weiss (österr. I
beobachtete diese grosse, während der Totalität der Finsterniss sel
blossem Auge sichtbare, in lebhaftem Carmin glänzende Protuberan
eine Minute lang nach dem Hervorbrechen der Sonne, bis eine W
verdeckte.

Schiffslieutenant Rziha (österr. Exped.) führte Spectralbeobach
aus und bemerkte beim Eintritt der Totalität ein plötzliches Ver
den aller dunklen Fraunhofer'schen Linien. Das Spectrum der
war ein zwar blasses, aber vollkommen continuirliches. Dass man
corona keine hellen Linien wahrnahm, rührt offenbar nur dahe
sie zu lichtschwach ist und man den Spalt des Instrumentes 
öffnen muss.

Die Spectralanalyse der Protuberanzen aber, welche th
der Ostküste von Vorderindien, theils auf der Halbinsel Malac
Rayet, A. Herschel, Tennant, Janssen u. A. ausgeführt wurd
ferten dagegen den unumstösslichen Beweis, dass diese Gebilde g
miger Natur sind. Bei Anwendung des mit Fernrohren verbu
in einem der nächsten Paragraphen ausführlicher zu besprec
Geradausschau Spectroscops (spectroscop à vision directe)
sich nämlich, dass das Spectrum der Protuberanzen aus einige
lirten hellen Linien besteht. Einige Beobachter zählten deren

ndere fünf oder nur drei. Die den Fraunhofer'schen Linien $C$ und F entsprechenden hellen Linien wurden von allen Beobachtern wahrgenommen und somit ist also glühendes Wasserstoffgas der wesentlichste Bestandtheil der Protuberanzen; ausser diesen beiden Hauptlinien wurden aber auch von einzelnen Beobachtern eine Linie nahe bei $D$, e Linie nahe bei $G$ und mehrere andere gesehen.

Die grosse Helligkeit der Linien des Protuberanzspectrums erregten Janssen die Hoffnung, dieselben auch ausser der Zeit einer totalen nenfinsterniss, also jederzeit mit dem Spectroskop beobachten zu nen, wenn nur überhaupt die Sonne am Himmel steht. Der gleich 19. August, dem Tage nach der totalen Finsterniss, von ihm gemachte uch bestätigte seine Hoffnung auf das Vollständigste. Er richtete Spalt des an einem grossen Fernrohre angebrachten Spectroskops den Rand der Sonnenscheibe, und zwar nach den nämlichen Stellen, welchen er Tags zuvor leuchtende Protuberanzen beobachtet hatte. zeigten sich zwei Spectra, nämlich das des Sonnenrandes mit den klen Linien und das aus hellen Linien bestehende Spectrum der Proranzregion. Um den störenden Glanz des Sonnenspectrums zu verlen, wurde das Instrument so gestellt, dass das Gelb, Grün und Blau erhalb des Gesichtsfeldes fiel und nur das Roth übrig blieb; es zeigte jetzt die dunkle Linie $C$ im Spectrum des Sonnenrandes und in der ängerung desselben eine hellglänzende rothe Linie. Es zeigte sich aus nur wenigen hellen Linien gebildetes Spectrum, wenn der Spalt dem Sonnenrand ganz entfernt wurde, so dass er nur auf die Protunzen gerichtet war.

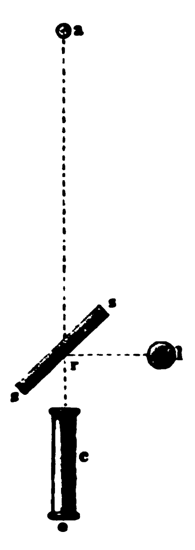
Der Grund, weshalb die Protuberanzen nicht unter den gewöhnlichen hältnissen bei Abblendung des intensiven Sonnenbildes sichtbar sind, t einfach in den das Bild der Protuberanz überdeckenden stark bechteten Theilchen unserer Atmosphäre. Bei einer totalen Sonnenterniss wird dieses superponirte Licht so bedeutend abgeschwächt, die intensiv leuchtenden Protuberanzen sammt der corona sichtbar rden.

Die Möglichkeit, die Protuberanzen bei vollem Tageslicht sichtbar machen, beruht nun darauf, dass das Licht der Protuberanzen nur drei homogenen Lichtarten besteht, bei prismatischer Zerlegung also i lichtstarke isolirte Bilder liefert, während das weisse superponirte ht der Atmosphäre zu einem vollständigen Spectrum von verhältnissig geringer Lichtstärke ausgebreitet, also an den einzelnen Stellen Spectrums so abgeschwächt wird, dass es die hier auftretenden lichtken Protuberanzbilder nicht mehr unsichtbar machen kann.

Von der Anwendbarkeit dieses Princips kann man sich leicht auf nde Weise überzeugen. Es sei $a$, Fig. 177 (a. f. S.), die durch Kochgelb gefärbte Flamme eines Bunsen'schen Brenners, welche man ch ein 10 bis 12 Fuss von $a$ aufgestelltes (in einem der folgenden graphen näher zu besprechendes) Geradliniges Spectroskop $c$

betrachten kann, dessen Spalte gerade so weit geöffnet wird, d
Flamme $a$ ihrer ganzen Breite nach sichtbar ist. Zwischen $a$
wird nun eine unbelegte Platte von geschliffenem Spiegelglas unter
Winkel von 45° gegen $ac$ aufgestellt, wel
Licht einer seitlich bei $l$ aufgestellten hell
tenden Argand'schen Lampe in einer Richt
reflectirt, welche mit $ao$ zusammenfällt.
man von $o$ aus ohne Spectroskop nach
so ist der Glanz des Spiegelbildes von $l$ so
dass die Natriumflamme bei $a$ vollkommen u
bar wird, schaut man aber durch das bei
gestellte Spectroskop, so erscheint nun di
Flamme $a$ hellglänzend auf dem lichtsch
Spectrum, zu welchem das Bild von $l$ ausg
wird.

Fig. 177.




Durch einen solchen nur etwas and
rangirten Versuch hat Zöllner die Ric
dieses Princips erläutert.

Schon im Jahre 1866 hatte Locky
sucht, auf diesem Wege das Spectrum der
beranzen zu beobachten, es gelang ihm abe
weil sein Prismenapparat nicht die hinlä
zerstreuende Kraft hatte. Janssen wan
stärker zerstreuendes Prismensystem an,
welches das Spectrum der hell erleuchteten Luft mehr ausgebrei
abgeschwächt wurde, während die homogenen Linien des Protu
spectrums keine weitere Ausbreitung und Abschwächung erfuhre

Mit dem besten Erfolge wurden nun nach Janssen's Vorg
Spectra der Protuberanzen auch in Europa beobachtet, namentl
Lockyer, Secchi, Tietjen u. s. w. Secchi constatirte im Sp
der Protuberanzen ausser den Wasserstofflinien noch das Vorl
einer hellen Linie nahe bei $B$ und einer solchen nahe bei $D$ (
und $D$ selbst), einer hellen Linie zwischen den hellen Magnesiu
$b$ und einiger Eisenlinien.

Die ferneren Beobachtungen des Sonnenrandes mittelst des S
skops zeigten alsbald, dass die ganze Sonne rings von eine
desselben Gases umgeben ist, welches die Protuberanz
det, so dass also die Protuberanzen nur als locale Anhäufunge
Gases erscheinen. Die scheinbare Höhe dieser mit dem Nam
Chromosphäre bezeichneten glühenden Wasserstoffhülle wird v
schiedenen Beobachtern übereinstimmend zu 15″ angegeben, w
wahren Höhe von 1660 geographischen Meilen entspricht.

Secchi hat ferner die wichtige Beobachtung gemacht, dass u
bar am Sonnenrande die Wasserstofflinien, und zwar namentlich
hören, als dunkle Linien zu erscheinen, dass man sich aber ers

Rande entfernen muss, wenn man sie als helle Linien wahrnehmen
ll. Das Verschwinden der dunklen Linie *C* beobachtete Secchi auch
er den Spalt des Spectroskops auf die in der Umgebung von Sonnen-
ken auftretenden Fackeln richtete, ein Beweis, dass hier das Licht
Wasserstoffs hinlänglich intensiv war, um die Absorption der übrigen
enatmosphäre zu compensiren. An der Stelle der Fackeln findet
eine mächtige Anhäufung des glühenden Wasserstoffes statt, die
keln sind also mit den Protuberanzen identisch. Die Protube-
zen sind nichts anderes als am Sonnenrande erscheinende
keln.

Die sorgfältige Beobachtung des Protuberanzspectrums gestattet
auch annähernd wenigstens die Gestalt der Protuberanz selbst
rmitteln. Die Länge der hellen Spectrallinien giebt uns nämlich
unft über die Höhe der Protuberanz an der Stelle, auf welche gerade
Spalt gerichtet ist; zeigt sich eine von dem Sonnenrand durch einen
len Zwischenraum getrennte helle Linie, so kann man daraus schliessen,
man es mit einer isolirt über der Sonne schwebenden Wasserstoff-
e zu thun habe. Man braucht nur den Spalt des Spectroskops nach
nach auf die verschiedenen Parthien einer Protuberanz zu richten,
ie Länge und Lage der hellen Spectrallinien zu notiren, um alsdann
der Zusammenstellung dieser Data die Gestalt der ganzen Protube-
zu construiren, wie dies Janssen in der That mit Erfolg gethan hat.
Die vollkommenste Methode zur Beobachtung der Protuberanzen hat
Zöllner ausgemittelt; sie besteht einfach darin, dass man den Spalt
am Fernrohr angebrachten und auf die Protuberanz gerichteten
troskops weit genug öffnet, um die ganze Protuberanz übersehen zu
en, so dass statt der getrennten hellen Spectrallinien getrennte far-
Bilder der ganzen Protuberanz im Gesichtsfelde erscheinen, und
beobachtete Zöllner deren drei, ein rothes (*C*) und ein blaues
und zwischen ihnen ein gelbes, welches sich aber von den beiden
ren dadurch unterscheidet, dass es nur für die unteren Parthien der
uberanz sichtbar ist. Es rührt das gelbe Bild also offenbar von
schwereren glühenden Gase her, welches nicht bis zu der Höhe
glühenden Wasserstoffgases aufsteigt.

Tab. VI^b des Atlasses stellt eine Reihe der von Zöllner beobachteten
uberanzen dar. Bei einem Theil der hier dargestellten Protuberanzen
die scheinbare Höhe beigeschrieben. Die 120″ hohe Protuberanz,
2, zeigte eine züngelnde Bewegung, und zwar betrug die Zeit, wel-
eine solche Flammenquelle brauchte, um sich von der Basis bis zur
e des Gebildes fortzupflanzen, 2 bis 3 Secunden. Trotz eifrigen und
uernden Suchens ist es Zöllner nicht gelungen, eine ähnliche Er-
einung wieder zu beobachten.

Von der grossen Schnelligkeit jedoch, mit welcher sich die Protu-
ranzen ihrer Form und Intensität nach verändern, geben die übrigen
bildungen der Tab. VI^b interessante Beispiele. Fig. 3 stellt sechs rasch

aufeinander folgende Phasen einer und derselben, am 1. Juli beobachtet Protuberanz dar, wie sie zu den unten beigesetzten Zeiten erschien.

122 **Physische Constitution der Sonne.** Frankland hat interessante Entdeckung gemacht, dass eine Wasserstoffflamme in Sa stoff von hohem Druck brennend, mit hellem Lichte leuchtet ein ganz continuirliches Spectrum liefert, wie glühende oder flüssige Körper. Dies veranlasste Wüllner (Pogg. Ann. CXXX das Licht des Inductionsfunkens spectroskopisch zu untersuchen, derselbe nicht durch verdünnte, sondern durch verdichtete Gase durchgeht.

Wüllner hat gefunden, dass das Wasserstoffspectrum ein tinuirliches wird, wenn das Gas in der Spectralröhre eine grosse Dic keit hat und man dasselbe durch einen grossen Ruhmkorff'\ Apparat mit eingeschalteter Leydener Flasche ins Glühen bringt.

Geht der Funken, welchen der Apparat bei eingeschalteter Fl liefert, durch eine Röhre, in welcher das Wasserstoffgas nur dem I einer Quecksilbersäule von 23mm Höhe ausgesetzt ist, so besteht Spectrum noch aus den bekannten drei hellen Linien $H_\alpha$, $H_\beta$ und $H_\gamma$ denen die blaue und violette schon verwaschen sind. Der Hinterg ist noch dunkel und nur zwischen $D$ und $F$ schwach erleuchtet.

Bei zunehmendem Druck dehnen sich $H_\beta$ und $H_\gamma$ immer aus, so dass sie bald nur noch als Helligkeitsmaxima auf einem i heller werdenden continuirlich erleuchteten Grunde erscheinen; g zeitig wird allmälig auch $H_\alpha$ weniger scharf und verbreitert sic dass diese rothe Linie bei einem Druck von 300mm als ein breites Band erscheint, welches von dem im Orange beginnenden continuirl Spectrum nicht mehr durch einen ganz dunklen, sondern nur durch mit schwächerem Lichte leuchtenden Raum getrennt ist.

Bei steigendem Druck nimmt die Helligkeit des continuirl Spectrums an allen Stellen zu, so dass bei einem Druck von 1000m Spectrum zwischen dem etwas verbreiterten $H_\alpha$ bis $H_\gamma$ ganz cont lich ist, wie das Spectrum eines weissglühenden festen Körpers, m etwas anders vertheilter Helligkeit. Bei 1230mm Druck war das Spectrum wahrhaft blendend; es zeigte in Folge des bei der hohen peratur aus dem Glase verdampften Natriums die Natriumlini schöne dunkle Linie. — Zur Erzeugung Fraunhofer'scher Lini also das Licht eines glühenden festen oder flüssigen Körpers nicht lut nöthig.

Demzufolge ist es nun nach Zöllner wahrscheinlich, dass sichtbare Oberfläche der Sonnenscheibe durch dieje Schicht der Wasserstoffatmosphäre gebildet wird, für we durch gesteigerten Druck das Spectrum continuirlich ge den ist. Die glühend flüssige Oberfläche der Sonnenkugel liegt unterhalb dieser hell leuchtenden Schicht von Wasserstoffgas

Betrachtet man die Sonnenflecken als schlackenartige locale Ab-ungsproducte auf der glühend flüssigen Oberfläche und die Penum-als Condensationswolken, welche in einer gewissen Höhe die Küsten r Schlackeninseln umkränzen, so liegen also die Kerne der Sonnen-ken wirklich tiefer als die sichtbare Sonnenoberfläche, und das Wil-'sche Phänomen findet so seine einfache ungezwungene Erklärung.

Die Tiefe der Sonnenflecken unter der leuchtenden Oberfläche be-t, verschiedenen Beobachtungen zufolge, ungefähr 8 Secunden. Be-nen wir mit $R$ den beobachteten Sonnenhalbmesser, mit $r$ den Radius glühendflüssigen Sonnenkugel, so ist also

$$r = R - 8''$$

$R$ in mittlerer Entfernung der Sonne zu 16′ angenommen,

$$r = 15' \, 52''.$$

mt man die mittlere Parallaxe der Sonne nach Hansen zu 8,915″ so ergiebt sich für den mittleren Abstand der Sonne von der Erde

$$8'' = 5\,722\,500 \text{ Meter und}$$
$$r = 680\,930\,000 \quad „$$

r den charakteristischen Formen der Protuberanzen, welche man der in §. 121 besprochenen Zöllner'schen Methode beobachten n, finden sich häufig solche, deren Anblick jedem Unbefangenen die erzeugung aufdrängt, dass man es hier mit gewaltigen Eruptionen glühendem Wasserstoff zu thun habe. Ein derartiges Beispiel lie-die gleichfalls von Zöllner beobachtete und auf Tab. 9 nach etwas serem Maassstab in zwei verschiedenen Stadien dargestellte Protu-nz. Zöllner hat oft derartige Protuberanzen beobachtet, welche in is 12 Minuten bis zu einer scheinbaren Höhe von 1,5 bis 3 Bogen-aten, also bis zu einer wahren Höhe von 64 bis 128 Millionen Meter tiegen.

Die bei solchen Eruptionen hervorbrechenden Wasserstoffmassen en, wie es Zöllner wahrscheinlich gemacht hat (Pogg. Ann. CXLI), localen Ansammlungen her, welche sich in den unterhalb der flüssi-Oberfläche gelegenen Schichten bilden und ihre äussere Begränzung h die wachsende Spannung des eingeschlossenen Gases durchbrechen.

Es sei nun $v$ die Geschwindigkeit, mit welcher die Gasmasse $m$ aus in der flüssigen Oberfläche gebildeten Oeffnung hervorströmt, so ist lebendige Kraft $m \frac{v^2}{2g}$, wenn $g$ die beschleunigende Kraft der Schwere der Oberfläche der Sonne bezeichnet. Die dieser lebendigen Kraft prechende Wärmemenge ist

$$W = A \frac{v^2}{2g} \cdot m,$$

n $A$ das Wärmeäquivalent der Arbeitseinheit ist.

Nehmen wir an, dass der Wasserstoff unter einem constanten Druck dem Innern durch die Oeffnung ausströmt, so ist die Wärmemenge,

welche beim Ausströmen der Gasmenge $m$ verschwindet, indem sich d selbe von der Temperatur $t_i$ (der Temperatur im Inneren) bis zur Te peratur $t_a$ (Temperatur an der oberen Gränze der Mündung) abkühlt,

$$W' = m \, . \, c \, (t_i - t_a),$$

wenn $c$ die specifische Wärme des Wasserstoffs bei constantem Dr bezeichnet.

Diese Wärmemenge ist es aber, von welcher die lebendige Kraft ausströmenden Gases herrührt, wir haben also $W = W'$ und daraus

$$A \frac{v^2}{2g} = c \, (t_i - t_a) \, . \, . \, . \, . \, . \, . \, . \, .$$

Bezeichnet man mit $H$ die Höhe, bis zu welcher ein mit der fangsgeschwindigkeit $v$ in die Höhe geschleuderter Körper über Sonnenoberfläche aufsteigen wird, so haben wir (wenn die Abnahme Schwerkraft, welche der wachsenden Entfernung vom Sonnenmittelp entspricht, unberücksichtigt bleibt):

$$H = \frac{v^2}{2g} \, . \, . \, . \, . \, . \, . \, . \, . \, . \, . \, . \, . \, .$$

folglich nach Gleichung 1)

$$t_i - t_a = \frac{AH}{c} \, . \, . \, . \, . \, . \, . \, . \, . \, . \, .$$

Setzen wir in diese Gleichung für $A$, $H$ und $c$ ihre Zahlenwerthe, lich $A = \frac{1}{424}$, $H = 64\,000\,000$ und $c = 3{,}409$, so ergiebt sich

$$t_i - t_a = 44\,270^0,$$

d. h. die absolute Temperatur der eingeschlossenen Gasmasse ist $44\,270^0$ C. höher als die Temperatur der Sonnenatmosphäre unmitt über der glühendflüssigen Oberfläche der Sonne.

Setzen wir in Gl. 2 für $H$ seinen Werth $64\,000\,000^m$, für $g$ seinen Werth $274^m$, so ergiebt sich

$$v = 187\,250^m,$$

d. h. eine Geschwindigkeit von 25 geographischen oder 123 englis Meilen.

Auf die Principien der mechanischen Wärmetheorie sich stüt berechnet Zöllner nach Formeln, auf deren Entwickelung hier eingegangen werden kann, für die mittlere Temperatur der Sonnena sphäre den Werth

$$t = 27\,000^0 \text{ C.},$$

eine Temperatur, welche so hoch ist, dass das Eisen in der Son atmosphäre dauernd in gasförmigem Zustande existiren muss.

Die Temperatur im Inneren der Sonne beträgt demnach ung $70\,000^0$ C.

Zöllner berechnet ferner, dass der Druck an der Stelle, an welcher das Wasserstoffspectrum continuirlich zu werden beginnt, ungefähr $^1/_4$ des irdischen Atmosphärendrucks beträgt. Danach aber ergiebt sich der Druck auf der Oberfläche der flüssigen Trennungsschicht gleich dem von

184 000 Atmosphären,

im Inneren der Räume aber, aus welchen die Protuberanzen hervorbrechen, ist der Druck

4 070 000 Atmosphären,

also ein so enormer Druck, dass selbst bei der hohen Temperatur, welche hier herrscht, die permanenten Gase, also auch der Wasserstoff, nur im glühendflüssigen Zustande existiren können.

Die Quelle der Sonnenwärme mag vorläufig noch in Frage gestellt bleiben.

123 **Das Zodiacallicht.** Um die Zeit der Frühlings-Tag- und Nachtgleiche erscheint manchmal an sternhellen Abenden, wenn die letzte Spur der Dämmerung verschwunden ist, am westlichen Horizonte ein schwacher Lichtstreifen, meist noch matter als das Licht der Milchstrasse, welcher die Form einer schief auf dem Horizont stehenden Pyramide hat.

Die Basis dieses unten breiter werdenden Lichtkegels erscheint ungefähr da, wo die Sonne untergegangen ist; die Axe desselben ist gegen die Stelle hin gerichtet, an welcher sich eben die schon untergegangene Sonne befindet; sie fällt fast ganz mit der Ebene des Sonnenäquators zusammen, der ganze Streifen fällt also am Himmel nahezu in den Thierkreis, da die Ebene des Sonnenäquators nur einen Winkel von 7$^0$ mit der Ebene der Ekliptik macht; daher der Name Zodiacallicht.

In unseren Gegenden bildet in der genannten Jahreszeit die Axe des Lichtkegels des Abends einen Winkel von ungefähr 64$^0$ mit dem Horizont.

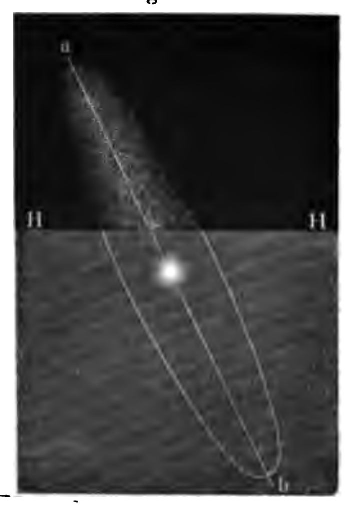
Mit seltener Schönheit erschien dieses Phänomen im Februar und März 1856. Zuerst beobachtete ich dasselbe am 25. Februar gegen 8 Uhr Abends; es blieb bis gegen 9 Uhr sichtbar; ausserdem sah ich es noch bis zum 8. März an sieben Abenden ungefähr um dieselbe Zeit. An den folgenden heiteren Abenden wurde das Zodiacallicht durch den wachsenden Mond unsichtbar gemacht, und ich beobachtete dasselbe erst wieder an den Abenden vom 24. bis zum 30. März.

Diese häufige und ausgezeichnete Erscheinung des Zodiacallichts gab mir Gelegenheit, von demselben eine möglichst treue Abbildung Tab. VI$^a$ machen zu lassen, und zwar mit allen Sternen, wie sie gerade zu jener Zeit am westlichen Himmel standen.

Am östlichen Himmel erscheint das Zodiacallicht wohl auch und zwar des Morgens vor Sonnenaufgang zur Zeit des Herbstäquinoctiums, aber noch nie so lichtstark wie zur Zeit des Frühlingsäquinoctiums am Abendhimmel.

Dass das Zodiacallicht selbst im Frühjahr selten wahrgenom wird, beruht nur darauf, dass gerade im Februar und März der Him Abends selten so rein ist, wie zur Wahrnehmung einer so s Lichterscheinung nothwendig is

Fig. 178.




Von den verschiedenen Um den, unter welchen das Zodiaca erscheint, kann man sich am b Rechenschaft geben, wenn man vorstellt, dass die Sonne von ungeheuren linsenförmig abgep ten Atmosphäre umgeben se deren Mittelpunkt sie steht deren grösste Ausdehnung i Ebene der Ekliptik fällt. solche Atmosphäre würde sich der Erde aus gesehen ungef darstellen, wie Fig. 178 a. zeigt; da sie aber nur schwaches Licht ausstrahl sie nicht wahrgenommen lange die Sonne selbst noch über dem Horizont steht, sondern nur vor Sonnenaufgang oder nach Sonnenuntergang.

Ferner ist die Sichtbarkeit des Zodiacallichts an die Be knüpft, dass der Punkt $a$ der fingirten Sonnenatmosphäre m nach der Sonne untergeht, dass also die grosse Axe $ab$ die atmosphäre einen möglichst grossen Winkel mit dem Horizont Da nun aber diese grosse Axe nahezu mit der Ekliptik

Fig. 179.




so wird das Zodiacallicht vorzugsweise dann sichtbar sein, wenn i Morgen- oder Abendstunden die Ekliptik möglichst steil aufgerich scheint. Für die nördliche Erdhälfte erscheint aber die Eklipt steilsten aufgerichtet, wenn der Frühlingspunkt im westlichen, der H punkt im östlichen Horizont steht, der Sommersolstitialpunkt ab minirt. In den Abendstunden ist dies nun im Frühjahr, in den M

den ist es im Herbst der Fall und daraus erklärt sich, warum das diacallicht bei uns vorzugsweise in den oben bezeichneten Zeiten gesen wird.

Den kleinsten Winkel macht die Ekliptik mit dem Horizont, wenn r Herbstpunkt eben unter-, der Frühlingspunkt eben aufgeht und der ntersolstitialpunkt culminirt. Im mittleren Deutschland macht alsdann Axe des Zodiacallichts nur einen Winkel von ungefähr 17° mit dem rizont, wie dies Fig. 179 angedeutet ist. Diese Lage hat das Zodialicht in den Morgenstunden des Frühjahrs und in den Abendstunden s Herbstes; es sind dies für die Sichtbarkeit des Zodiacallichts die unnstigsten Zeiten, wie man nach den obigen Auseinandersetzungen leicht rsieht.

Je mehr man sich auf der Erde dem Nordpol nähert, desto mehr mmt der Winkel ab, welchen die Ekliptik mit dem Horizont macht,

Fig. 180.



to ungünstiger werden also die Verhältnisse zur Beobachtung des diacallichts. Umgekehrt werden dieselben immer günstiger, wenn man der Aequatorialzone nähert, einmal weil alsdann der Winkel, welchen Axe des Zodiacallichts mit dem Horizont macht, immer mehr wächst d dann auch, weil in den Tropen der Himmel ungleich reiner ist als

in höherer Breite. Deshalb ist denn auch zwischen den Wendekr
die Erscheinung des Zodiacallichts nicht allein weit brillanter, so
auch weit häufiger, so dass Humboldt dasselbe einen beständ
Schmuck der Tropennächte nennt.

Auf der südlichen Hemisphäre ist die Zeit des Herbstäq
tiums die günstigste Periode zur Beobachtung des Zodiacallicht
Abendhimmel.

Während bei uns die Spitze des Zodiacallichtes stets nach
gerichtet ist, erscheint auf der südlichen Erdhälfte die Lichtpy
des Zodiacallichtes nach Norden geneigt, so dass am Abendhimn
Scheitel des Lichtkegels rechts von der Basis erscheint, wie ma
nach Fig. 180 (a. v. S.) sieht, welche das Zodiacallicht darstellt,
nach einer Zeichnung von Ludwig Becker am 11. October 18
Melbourne in Australien beobachtet wurde. Ueber dem Gipf
Zodiacallichtes erblickte man an jenem Abend in der Nähe der
sichel Venus und Antares, während in einiger Entfernung nach N
hin (rechts von dem Zodiacallicht unserer Figur) der Donati'sche
stand, welcher am 11. October zu Melbourne zum ersten Male sichtb

Was die Erklärung des Zodiacallichtes betrifft, so sind bis jetzt
lei Meinungen darüber aufgestellt worden; nach Mairan's Erk
ist das Zodiacallicht die Atmosphäre der Sonne, welche entweder
leuchtend ist, oder von der Sonne erleuchtet wird; diese Atmosph
wegen des schnellen Umschwungs der Sonne so stark abgeplattet
sie als ein in der Richtung des Sonnenäquators liegender Streif
scheint. Aus den Gesetzen der Gravitation lässt sich aber darthu
eine etwaige Sonnenatmosphäre sich nicht bis zur Mercursbahn erst
kann. Weit wahrscheinlicher ist dagegen die andere Ansicht, na
cher die Erscheinung des Zodiacallichtes einem um die Sonne h
liegenden Nebelringe zuzuschreiben ist.

Im Mai 1867 fand Angström, dass das Spectrum des Zo
lichtes aus einer einzigen hellen Linie besteht, welche nahezu zw
*D* und *E* in der Mitte liegt und deren Wellenlänge 0 000 5567
meter ist.

124 **Photometrische Vergleichung der Fixsterne.** Di
sterne werden, wie bereits im ersten Capitel des ersten Buches an
wurde, in verschiedene Grössenclassen eingetheilt. Da nun die Fi
selbst bei der stärksten Vergrösserung keinen wirklichen, me
Durchmesser zeigen, da also von einer Grösse eigentlich bei ihnen
Rede sein kann, so bezieht sich jene Eintheilung nicht sowohl
Grösse, als vielmehr auf den Glanz der Fixsterne.

Die Eintheilung in Sterne erster, zweiter, dritter u. s. w. Grö
übrigens eine ganz willkürliche und conventionelle; es liegen ihr
aus keine vergleichenden Messungen der Lichtstärke der Fixste

unde. Der Erste, welcher eine solche Vergleichung versuchte, war der
re Herschel, welcher folgende Methode in Anwendung brachte:

Zwei siebenfüssige, vollkommen gleiche Teleskope, welche also den-
ben Stern mit gleicher Helligkeit zeigten, wurden so neben einander
tellt, dass der Beobachter sich ungefähr in einer Secunde von dem
lar des einen an das des anderen begeben konnte. Vor dasjenige
nrohr nun, welches auf den helleren Stern gerichtet war, wurden
irme vorgeschoben, welche der Reihe nach immer kleinere und kleinere
trale kreisförmige Oeffnungen hatten, bis man endlich bei einer Grösse
Oeffnung ankam, durch welche der hellere Stern gerade ebenso er-
ien wie der andere durch das zweite Teleskop, dessen Oeffnung ganz
i war.

War z. B. das eine Fernrohr auf den Arcturus ($\alpha$ Bootis), das zweite
$\gamma$ des grossen Bären gerichtet, so zeigten sich beide Sterne gleich
, wenn vor das erste Fernrohr ein Schirm gesetzt war, dessen Oeff-
g einen viermal kleineren Flächeninhalt hatte als die freie Oeffnung
zweiten Fernrohrs, und daraus geht hervor, dass uns $\alpha$ Bootis vier-
so viel Licht zusendet als $\gamma$ ursae majoris.

Durch solche Messungen hat sich nun ergeben, dass im Durchschnitt
Lichtintensität der Sterne zweiter, dritter, . . . nter Grösse 4 mal,
al . . . . $n^2$ mal u. s. w. geringer ist als die Lichtstärke der Sterne
r Grösse.

Da das Licht im Verhältniss des Quadrats der Entfernung geschwächt
l, so würde Arcturus in der doppelten, dreifachen, vierfachen Ent-
ung noch als ein Stern zweiter, dritter und vierter Grösse erscheinen.

Die eben besprochene Methode, die Lichtstärke verschiedener Sterne
vergleichen, leidet besonders an dem Uebelstande, dass man die beiden
rne nicht gleichzeitig neben einander sieht. Diesem Uebelstande hat
n auf verschiedene Weise durch Spiegelvorrichtungen abzuhelfen gesucht.

Im Jahre 1846 hat Seidel nach einer von Steinheil herrührenden
thode eine Reihe photometrischer Fixsternvergleichungen angestellt.
mt man die Helligkeit der Wega zur Einheit, so ist nach diesen
sungen Folgendes die Lichtstärke der bei uns hinlänglich deutlich
scheinenden Sterne erster Grösse:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Sirius . . . . . . = | 5,13 | Spica . . . . . . . = | 0,49 |
| Rigel . . . . . . . | 1,30 | Atair . . . . . . . | 0,40 |
| Wega . . . . . . | 1,00 | Aldebaran . . . | 0,36 |
| Arcturus . . . . | 0,84 | Deneb . . . . . . | 0,35 |
| Capella . . . . . | 0,83 | Regulus . . . . . | 0,34 |
| Procyon . . . . . | 0,71 | Pollux . . . . . . | 0,30 |

Orionis fehlt hier, weil er veränderlich ist.

Da ein Stern sechster Grösse ungefähr 36mal lichtschwächer ist als
Vega, so würden also erst 180 Sterne sechster Grösse zusammen die
elligkeit des Sirius erzeugen.

Durch Vergleichung der Wega mit Mars und Jupiter fand S die Lichtstärke dieser beiden Planeten zur Zeit der Opposition glei und 8.5.

Wollaston verglich sowohl den durch Sonnenlicht als auc durch Mondlicht bewirkten Schatten mit dem Schatten eines K lichtes, und fand so, dass die Sonne 800 000mal lichtstärker sei a Vollmond. Durch Vergleichung der von einer Glaskugel refle Bilder des Mondes und des Sirius ergab sich ferner, dass uns der 2500mal heller leuchtet als Sirius, und demnach wäre die Helligk Sirius 2000 Millionen mal schwächer als die der Sonne. Nimmt nun die jährliche Parallaxe des Sirius gleich 0.23″ an, so überträ die absolute Lichtstärke des Sirius die der Sonne 63mal.

Wenn also unsere Sonne in derselben Entfernung von uns si fände, wie Sirius, so würde sie 63mal lichtschwächer sein als 12mal lichtschwächer als Wega; sie würde uns also lichtschwäch scheinen als ein Stern dritter Grösse.

Auf der im Herbst 1858 zu Karlsruhe gehaltenen Naturforsche sammlung machte Schwerd Mittheilung über ein von ihm zur metrischen Vergleichung der Sterne construirtes Instrument, wel Genauigkeit und Sicherheit alles übertraf, was in dieser Beziehu dahin geleistet worden war.

Das Instrument besteht im Wesentlichen aus zwei nach alle tungen beweglichen Fernrohren, welche auf die zu vergleichenden gerichtet werden, deren Bilder aber mittelst äusserst sinnreiche nicht näher zu beschreibenden Vorrichtungen gleichzeitig und u bar nebeneinanderstehend gesehen werden.

Unter dem Titel „Grundzüge einer allgemeinen Photo des Himmels“ hat Zöllner im Jahre 1861 eine umfangreiche über den genannten Gegenstand publicirt, in welchem er ein construirtes, zur Helligkeitsmessung der Gestirne dienendes Ins beschreibt, welches ohne Zweifel eine um so grössere Verbreitun wird, als es mit verhältnissmässig geringen Mitteln hergestellt kann. Mittelst dieses Instrumentes werden die Sterne des Himm einem künstlichen Sterne verglichen, dessen Helligkeit dur Polarisationsvorrichtung beliebig abgeschwächt werden kann, bi Helligkeit dem zu beobachtenden Himmelsstern gleich ist. Da Abschwächung des künstlichen Sterns eine Polarisationsvorricht gewendet wird, so nennt Zöllner sein Instrument Polaris Astrophotometer.

Fig. 181 mag dazu dienen, das Wesentlichste der Einrichtung Photometers verständlich zu machen. $AB$ stellt ein Fernrohr dar, Einrichtung etwas von der gewöhnlichen abweicht. Das Ocular veränderlich bei $b$ befestigt, während das bei $A$ befindliche Obj der Richtung der Axe des Rohrs verschoben werden kann. Bei $s$ i planparallele Glasplatte so befestigt, dass sie einen Winkel von 4

es Rohres macht. Diesem durchsichtigen Spiegel gegenüber
ır seitlich durchbrochen, so dass ein Auge bei $o$ das Spiegelbild einer bei $x$ befindlichen, durch eine constante Lichtquelle erleuchteten feinen Oeffnung in der Axe des Fernrohrs erblickt. Damit das Spiegelbild der kleinen (2 bis 4 Millimeter weiten) Oeffnung $x$ nicht gar zu weit hinter den Spiegel falle, ist bei $r$ eine Hohllinse von kurzer Zerstreuungsweite angebracht, welche zugleich bewirkt, dass das bei $a$ liegende Spiegelbild der Oeffnung $x$ vollkommen sternartig erscheint.

Fig. 181.




Die Brennweite der Ocularlinse $b$ muss so beschaffen sein, dass das Auge bei $o$ das Spiegelbild bei $a$ vollkommen scharf sieht. Durch Ausziehen der Röhre, an deren Ende $A$ die Objectivlinse befestigt ist, kann man es leicht dahin bringen, dass das Bild, welches diese Objectivlinse von dem zu beobachtenden Sterne entwirft, gerade neben $a$ entsteht, dass also der Stern des Himmels und der künstliche Stern gleichzeitig scharf gesehen werden.

In der von der Messingsäule $M$ getragenen Hülse, welche die horizontale Umdrehungsaxe des Fernrohrs bildet, ist ein Nicol'sches Kalkspathprisma $n$ so eingesetzt, dass seine Lage gegen den Spiegel $ss$ stets ungeändert bleibt, und zwar sind die Schwingungen der Strahlen, welche durch das Nicol gegangen sind, parallel mit der Ebene des Spiegels $ss$, so dass sie also möglichst vollständig von demselben reflectirt werden können.

Bei $p$ ist ein zweites Nicol angebracht, welches um seine Axe gedreht werden kann, während $n$ unverändert stehen bleibt, so dass also
, welchen die Schwingungsebenen der beiden Nicols mit ein-

ander machen, beliebig geändert werden kann. Mit dem Nicol p d
sich der Nonius *d*, welcher sich längs des in 360° getheilten Kreise
bewegt, an welchem demnach die Drehung des Nicols *p* abgelesen
den kann. Der Nonius *d* zeigt auf den Nullpunkt der Kreistheilun
*kk*, wenn die Schwingungsebenen der beiden Nicols gekreuzt sin
welchem Falle dann der künstliche Stern ganz verschwindet. Wir
das Nicol mit seiner Fassung aus dieser Stellung herausgedreht, so n
die Helligkeit des künstlichen Sterns um so mehr zu, je weiter sic
Nonius von dem Nullpunkt der Theilung entfernt, um ihr Maximu
90° zu erreichen.

Als constante Lichtquelle dient eine eigenthümlich construirte
lampe, deren Flamme vor *x* aufgestellt ist. Das Licht dieser Fl
kann nur durch eine kleine Oeffnung in einem geschwärzten Blechs
auf die Oeffnung *x* fallen. So lange bei unveränderter Natur des L
gases der Gaszufluss constant und die Flammenhöhe unverändert
kann man auch die Lichtstärke der Flamme als unveränderlich be
ten. Jedenfalls ist dies für alle in der gleichen Nacht gemachte
obachtungen der Fall. Eigentlich sieht man zwei Spiegelbilder des
punktes *x*, nämlich eines durch Reflexion auf der Vorderfläche,
durch Reflexion auf der Hinterfläche des Spiegels *ss*. Bei der
metrischen Vergleichung der Sterne wird nur von dem durch Ref
auf der Vorderfläche entstandenen Bilde Gebrauch gemacht.

Wenn nun die Helligkeit zweier Sterne mit einander verg
werden soll, so wird das Fernrohr zunächst auf den einen, *α*, ger
und dann das Nicol *p* sammt seiner Fassung und dem Nonius *d* s
gedreht, bis der künstliche Stern dem zu beobachtenden an Hell
gerade gleich ist; alsdann wird der Nonius abgelesen, wodurch m
fährt, wie gross der Winkel *v* ist, um welchen man das Nicol
seiner Anfangsposition gedreht hat.

Hierauf wird dieselbe Beobachtung an einem zweiten Stern
macht. Wir wollen mit *v'* den Winkel bezeichnen, um welchen ma
Nicol *p* aus seiner Anfangsposition drehen musste, um den künst
Stern diesem zweiten Sterne *β* gleich zu machen. Nach diesen
Ablesungen ergiebt sich nun, dass die Helligkeit der beiden Ste
und *β* sich verhält wie die Quadrate der Sinus von *v* und *v'*.

Nimmt man also die Helligkeit eines der beiden Sterne, etw
des Sternes *α* zur Einheit, so ist also die Helligkeit des Sternes *β*

$$\frac{(\sin v')^2}{(\sin v)^2}$$

Bei einer derartigen Messung ergab sich z. B. für *δ* coronae *v* =
für *α* coronae ergab sich $v' = 30{,}9^0$; demnach ist die Helligkeit
coronae gleich

$$\frac{(\sin 30{,}9)^2}{(\sin 11{,}3)^2} = \frac{0{,}5135^2}{0{,}1959^2} = 6{,}871.$$

Bei einer zweiten Vergleichung derselben Sterne ergab sich für [coro]nae $v = 11{,}1^0$ und für $\alpha$ coronae $v' = 31^0$, was für die Hellig[keit] von $\alpha$ coronae den Werth

$$7{,}199$$

[ergi]bt. Im Mittel ist also die Helligkeit von $\alpha$ coronae gleich 7,035, [wenn] man die Helligkeit des Sternes $\delta$ coronae gleich 1 setzt.

## Bestimmung des Durchmessers der kleinen Planeten. 125

[Nach] den photometrischen Untersuchungen Steinheil's verhalten sich [die] Lichtmengen, welche die Sterne verschiedener Grössenclassen zur [Erde] senden, im Durchschnitt wie folgt:

| | | |
|---|---|---|
| Sterne sechster Grösse | | 10 |
| „ fünfter | „ | 28 |
| „ vierter | „ | 80 |
| „ dritter | „ | 227 |
| „ zweiter | „ | 642 |
| „ erster | „ | 1819, |

[so da]ss also die Lichtmenge, welche uns ein Stern irgend einer Grössen[classe] zusendet, im Durchschnitt $\frac{1}{2{,}83}$ mal geringer wäre als die Licht[men]ge, welche von einem Stern der nächst höheren Classe zu uns gelangt. Dieses Resultat ist aus der Beobachtung von 26 Sternen erster bis [vie]r[te]r Grösse abgeleitet. Aus Gründen, die wir hier nicht erläutern [könn]en, reducirt Stampfer den obigen Factor, welchen wir kurz mit [be]zeichnen wollen, auf $\frac{1}{2{,}519}$. Bezeichnen wir also die Lichtstärke [de]s mittleren Sternes erster Grösse mit 1, so wäre demnach die Licht[stär]ke der Sterne

| | 2ter | 3ter | 4ter | 5ter ... | $n$ter Grösse. |
|---|---|---|---|---|---|
| gleich | $\frac{1}{2{,}519}$ | $\frac{1}{(2{,}519)^2}$ | $\frac{1}{(2{,}519)^3}$ | $\frac{1}{(2{,}519)^4}$ ... | $\frac{1}{(2{,}519)^{n-1}}$ |

Olbers schätzte im Jahre 1803 die Lichtstärke des Saturn, dessen [Rin]g damals gerade verschwunden war, zur Zeit der Opposition gleich [der] von $\alpha$ canis minoris, eines Sternes, welcher unter den Sternen 1ster [Grös]se gerade die mittlere Helligkeit hat.

Stampfer hat nun versucht, die photometrische Vergleichung der [kle]inen Planeten (Asteroiden) zur Ermittelung ihres wahren Durch[mes]sers zu benutzen (Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaft[lich]en Classe der Wiener Akademie, 7. Band, S. 756). In etwas ver[än]derter Form ist Folgendes der Gang der Entwickelung.

Sind $r$ und $\varrho$ die Entfernungen eines Planeten von der Sonne und [vo]n der Erde zur Zeit der Opposition, $d$ sein wirklicher Durchmesser, so [wi]rd seine Lichtstärke oder seine Helligkeit $H$ ausgedrückt durch

$$H = A \frac{d^2}{r^2 \varrho^2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; .$$

wo $A$ ein constanter Factor ist, welcher von der Fähigkeit des Pla
die Sonnenstrahlen zu reflectiren, abhängt.

Aus einer Vergleichung der Lichtstärke und des scheinbaren D
messers der Planeten Jupiter, Saturn und Uranus hat sich erg
dass dieselben nahezu gleiches Vermögen besitzen, die Sonnenstrahl
reflectiren oder mit anderen Worten, dass der Factor $A$ für diese
Planeten nahezu gleichen Werth hat. Für den Mars ist der Werth
$A$ kleiner.

Nehmen wir nun an, was höchst wahrscheinlich ist, dass da
flexionsvermögen der kleinen Planeten dem des Jupiter und Saturn g
ist, dass also der Factor $A$ für sie denselben Werth habe wie für S
so haben wir für einen solchen kleinen Planeten

$$H_1 = A \frac{d_1^2}{r_1^2 \varrho_1^2} \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; .$$

wenn $H_1$ die Helligkeit eines der kleinen Planeten, $d_1$ seinen D
messer, $r_1$ seinen mittleren Abstand von der Sonne und $\varrho_1$ seine E
nung von der Erde zur Zeit seiner Opposition bezeichnet.

Nehmen wir die Lichtstärke des Saturn zur Zeit der Oppositio
Einheit, so geht Gl. 1) über in

$$1 = A \frac{d^2}{r^2 \varrho^2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; .$$

Wenn einer der kleinen Planeten zur Zeit der Opposition a
Stern $n$ter Grösse erscheint, so ist für ihn

$$\frac{1}{a^{n-1}} = A \frac{d_1^2}{r_1^2 \varrho_1^2} \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; .$$

aus der Combination der Gleichungen 3) und 4) ergiebt sich aber

$$d_1 = \frac{d \, . \, r_1 \, . \, \varrho_1}{r \, . \, \varrho \, . \, \sqrt{a^{n-1}}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; .$$

Sind nun, wie es wirklich der Fall ist, alle übrigen Grössen
Gleichung bekannt, so lässt sich nach derselben $d_1$, d. h. der Durchm
des kleinen Planeten, berechnen.

Für Saturn ist

$d$ = 16305 Meilen
$r$ = 9,393 Erdweiten
$\varrho$ = 8,393 „

Für die kleinen Planeten ist im Mittel

$r_1$ = 2,54 Erdweiten
$\varrho_1$ = 1,54 „

Der Werth von $a$ ist, wie wir oben gesehen haben, gleich 2,519. ...tzt man diese Zahlenwerthe in Gl. 5), so ergiebt sich für einen kleinen ...neten, welcher zur Zeit der Opposition als ein Stern 7ter Grösse er...eint,

$$d_1 = \frac{16305 \,.\, 2{,}54 \,.\, 1{,}54}{9{,}393 \,.\, 8{,}393 \sqrt{2{,}519^6}} = 47{,}5 \text{ Meilen.}$$

In gleicher Weise ergeben sich für Asteroiden, welche zur Zeit der ...sition als Sterne der Grössenclasse erscheinen, welche in der ersten ...icalreihe der folgenden Tabelle eingetragen ist, die nebenbei stehen... Werthe des wahren Durchmessers

| Grössen-classe | Wahrer Durchmesser | Scheinbarer Durchmesser |
|---|---|---|
| 7 | 47,5 Meilen | 0,308 Secunden |
| 8 | 29,7 „ | 0,192 „ |
| 9 | 18,5 „ | 0,120 „ |
| 10 | 11,6 „ | 0,075 „ |
| 11 | 7,2 „ | 0,047 „ |
| 12 | 4,5 „ | 0,030 „ |

Bei Berechnung dieser Tabelle ist der mittlere Abstand der kleinen ...eten von der Sonne für alle als gleich angenommen, was nur für ... erste rohe Annäherung angenommen werden kann. Wenn es sich ... irgend einen bestimmten handelt, so sind die ihm entsprechenden ...rthe von $r_1$ und $\varrho_1$ in Rechnung zu bringen. Für Ceres, welche ... Oppositionszeit als ein Stern 8ter Grösse erscheint, z. B. ist $r_1 = 2{,}77$, ... $= 1{,}77$, woraus sich ergiebt

$$d_1 = \frac{16000 \,.\, 2{,}77 \,.\, 1{,}77}{9{,}393 \,.\, 8{,}393 \sqrt{2{,}519^7}} = 39 \text{ Meilen.}$$

Für Pallas ergiebt sich auf diese Weise ein Durchmesser von ... Meilen.

Victoria erscheint als ein Stern 10ter Grösse; für sie ist $r_1 = 2{,}33$, ... $= 1{,}33$, und danach ergiebt sich für dieselbe

$$d_1 = 9{,}8 \text{ Meilen.}$$

Wenn nun auch die so berechneten Werthe der Durchmesser der ...nen Planeten nicht auf grosse Genauigkeit Anspruch machen können, ... die Helligkeitsbestimmungen als Schätzungswerthe selbst nur ange...ert richtig sind, wenn man selbst einen Fehler von 100 Procent in ... berechneten Werthen von $d_1$ zugiebt, so ergiebt sich doch unzweifel..., dass die Durchmesser der Ceres und der Pallas nicht 330 und ... Meilen sein können, welche Grössen Schröter aus der Messung ...er scheinbaren Durchmesser abgeleitet hat. Wenn die beiden oben...nannten Planetoiden wirklich die Durchmesser hätten, wie sie Schrö-

ter bestimmt hat, so müsste uns Ceres als ein Stern 3ter, Pallas a
als ein Stern 2ter Grösse erscheinen.

Uranus erscheint zur Zeit der Opposition als ein Stern von 6ter Grösse, wir können für ihn also $n = 5{,}8$ setzen; ferner ist für $r_1 = 19{,}18$, $\rho_1 = 18{,}18$, wonach sich nach Gleichung 5) ergiebt

$$d_1 = 5688 \text{ Meilen},$$

während sich aus der Messung des scheinbaren Durchmessers (4,12 ...cunden) ein Durchmesser von 7396 Meilen für Uranus ergiebt.

126 **Veränderliche Sterne.** Der erste Stern, an welchem ein r... mässiger Wechsel der Lichtstärke beobachtet wurde, ist O Ceti. D... Fabricius hatte ihn am 13. August 1596 als einen Stern dritter G... beobachtet und im October desselben Jahres verschwinden sehen; di... riodische Veränderlichkeit dieses Sternes entdeckte aber Holwa... Professor zu Franeker, im Jahre 1639.

Der fragliche Stern, welcher dieser merkwürdigen Erscheinun... gen auch Mira Ceti genannt wurde, erreicht manchmal den Glanz ... Sternes zweiter Grösse; seine Helligkeit nimmt aber dann wieder ... dass er für das blosse Auge vollständig verschwindet. Mit Fern... ist er zur Zeit seines Lichtminimums schon als ein Stern elfter bis ... ter Grösse beobachtet worden, so dass es nicht ganz ausgemacht i... er immer ganz verschwindet. Das Maximum seines Lichtglanzes er... ebenfalls nicht immer dieselbe Grösse; während er manchmal, wie b... bemerkt wurde, die Helligkeit eines Sternes zweiter Grösse erreicht, er oft auch zur Zeit seines Maximums nur noch einem Stern ... Grösse gleich.

Die Periode, in welcher Mira Ceti den ganzen Cyclus der erw... Veränderungen durchläuft, dauert 331 Tage 20 Stunden. Im ... dauert die Zeit der Lichtzunahme von der sechsten Grösse bis zum ...mum 50 Tage, die der Lichtabnahme vom Maximum bis zur se... Grösse 69 Tage, so dass der Stern ungefähr 4 Monate mit blossem ... sichtbar bleibt. Zuweilen hat diese Sichtbarkeit sich auf 5 Mona... steigert, während sie zu anderen Zeiten nur 3 Monate gewes... Ebenso ist auch die Dauer der Zu- und Abnahme des Lichtes g... Schwankungen unterworfen.

Im Jahre 1669 erkannte Montanari die Veränderlichkeit de... nes $\beta$ Persei (Algol am Medusenhaupte), der unter allen veränder... Sternen die kürzeste Periode zeigt; denn diese beträgt nur 2 ... 20 Stunden 49 Minuten, also nahezu 69 Stunden. 62 Stunden ... Periode ist er Stern 2ter Grösse, etwa $3^1/_2$ Stunden braucht er u... 4ten Grösse abzunehmen und ungefähr eben so viel Zeit um sein... wöhnlichen Glanz wieder zu erlangen. Das Minimum seiner L... stärke dauert nur 18 Minuten.

Bis jetzt hat man 24 Sterne als periodisch veränderlich er... Die folgende kleine Tabelle veränderlicher Sterne ist ein Auszug a...

elander entworfenen, welche Humboldt im dritten Bande des S. 243 mittheilt.

| hnung des ernes. | Dauer der Periode. | | | Helligkeit im | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Maximum. | Minimum. |
| | Tage. | Stunden. | Minuten. | Grösse. | Grösse. |
| . . . . . . . | 331 | 20 | — | 4 bis 2,1 | 0 |
| . . . . . . | 2 | 20 | 49 | 2,3 | 4 |
| . . . . . . | 406 | 1 | 30 | 6,7 „ 4 | 0 |
| e . . . . . . | 7 | 4 | 14 | 3,4 | 5,4 |
| . . . . . . . | 12 | 21 | 45 | 3,4 | 4,5 |
| lis . . . . . | 66 | 8 | — | 3 | 3,4 |
| peiae . . . . | 79 | 3 | — | 2 | 3,2 |
| is . . . . . . | 196 | 0 | — | 1 | 1,2 |

Zwischenstufen zwischen erster und zweiter, zweiter und dritter . s. w. sind in dieser Tabelle durch Decimalbrüche bezeichnet.

Erklärung des eben besprochenen Phänomens hat Zöllner die usgesprochen, dass sich in dem Lichtwechsel der Veränderlichen nur geprägtere Sonnenfleckenperiode dieser entfernten Himmels-errathe. Das Phänomen der Sonnenflecken und das der Ver-keit der Sterne sind nach dieser Theorie nur quantitativ, alitativ verschiedene Erscheinungen. Haben die relativ dunk-en, die kurz mit dem Namen „Schlacken" belegt werden mögen, weiter vorgeschrittener Abkühlung eines Weltkörpers an ang und dadurch auch an Stabilität gewonnen, so muss ein mit lunklen Stellen bedeckter und rotirender Fixstern im Allge-las Phänomen eines Veränderlichen zeigen.

merkwürdige Umstand, dass beim Algol das Minimum nur ten dauert, hat schon längst auf die Vermuthung geführt, dass , durch einen dunklen Trabanten veranlasste, für uns ring-Verfinsterung des Algol vorliege. Den Einwand, dass ein Tra- den Dimensionen einer Sonne nicht wohl eine Bahn von len Umlaufszeit haben könne, widerlegt Klinkerfues dadurch, lie mittlere Entfernung zweier Körper berechnet, deren jeder e unserer Sonne hat, und welche den Umlauf um ihren gemein-en Schwerpunkt in 69 Stunden vollenden. Es ergiebt sich ein von 1 300 000 geographischen Meilen; die gesuchte mittlere ng bleibt also immer noch das 14fache des Sonnenhalbmessers. ähnliche Art lässt sich auch der Lichtwechsel von $\beta$ Lyrae,

$\eta$ aquilae, überhaupt der meisten gut untersuchten Veränderlich klären, nämlich durch die Hypothese, dass es sehr enge Dopp sind. Es ist dabei weder nöthig, dass die umkreisende Masse eine dunkle sei, noch auch, dass immer ein centraler Vorüberg einen Scheibe vor der anderen stattfinde.

127 **Temporäre Sterne.** Manchmal erscheinen plötzlich neue am Himmel, welche kurze Zeit glänzen, um alsbald wieder zu ver den. So erschien im Jahre 389 ein neuer Stern nahe bei $\alpha$ welcher mit der Helligkeit der Venus aufloderte und nach drei spurlos verschwand.

In der ersten Hälfte des neunten Jahrhunderts beobachte arabischen Astronomen einen neuen Stern im Scorpion, „desse dem des Mondes in seinen Vierteln" geglichen haben soll, und schon nach 4 Monaten wieder verschwand.

Der merkwürdigste unter den temporären Sternen ist der w welchen auch Tycho de Brahe beobachtete. Er erschien am vember 1572 im Sternbilde der Cassiopeja; alsbald glänzend wi nahm die Lichtstärke des neuen Sternes noch zu, bis er selbst piter an Helligkeit übertraf und selbst am Tage gesehen werden Im December 1572 begann sein Glanz abzunehmen und verschw lich im März 1574, 16 Monate nach seinem ersten Erscheinen. blendend weiss, wurde er im März 1573 röthlich und im Janu wieder weiss.

Ein böhmischer Astronom, Cyprianus Leovitius, versic einer handschriftlichen Chronik die Nachricht gefunden zu hab im Jahre 945 sowohl als auch im Jahre 1264 zwischen den C tionen des Cepheus und der Cassiopeja ganz nahe der Milchst glänzender Stern erschienen sei; darauf gründet sich nun die einiger Astronomen, dass der schöne Stern ein periodischer sei seine Periode 313 Jahre betrage. Wenn diese Ansicht richtig müsste der fragliche Stern im Jahre 1885 wieder erscheinen.

Im Jahre 1604 erschien ein neuer Stern im Ophiuchus, wel Helligkeit des Jupiter erreichte, aber dem Sterne von 1572 ni gleich kam und auch nicht bei Tage gesehen werden konnte. Stern wurde besonders von Kepler beobachtet. Er erschien i ber 1604. Zu Anfang des Januar 1605 war er noch heller als aber weniger hell als Arcturus; im März dieses Jahres war er dritter Grösse. Vier Monate lang konnte er wegen der Nähe de nicht beobachtet werden. Im März 1606 verschwand er spurlos.

Im Jahre 1848 beobachtete Hind einen neuen Stern fünfte gleichfalls im Ophiuchus. Nach Lichtenberger's Beobachtung er im Jahre 1850 nur noch elfter Grösse und wahrscheinlich d schwinden nahe.

Die temporären Sterne gehören zu den seltenen Erscheinunge

len letzten 2000 Jahren können deren kaum 20 bis 22 mit einiger erheit aufgeführt werden.

**Farbige Sterne.** Ptolemäus führt in seinem Fixsternkataloge **128** s röthliche Sterne an, nämlich Arcturus, Aldebaran, Pollux, Antares, igeuze und Sirius. Von diesen haben fünf noch jetzt ein röthliches ht, während Sirius gegenwärtig vollkommen weiss ist.

Entschieden weiss sind, ausser Sirius, unter den helleren Sternen wärtig Wega, Deneb, Regulus und Spica. Gelbliches Licht haben yon, Atair, der Polarstern und besonders $\beta$ ursae minoris. Bläu-h ist $\eta$ lyrae.

Auch unter den Doppelsternen findet man viele farbige, und zwar sind l die beiden Sterne gleichfarbig, bald haben sie verschiedene Farben. So sind z. B. die beiden Sterne von $\gamma$ virginis ($3^m$ und $3^m$) gelblich, $\varrho$ Herculis ($4^m$ und $5^m$) grünlich, von $\zeta$ ursae majoris ($2^m$ und $4^m$) grün u. s. w.

Bei vielen anderen Doppelsternen zeigt sich dagegen eine merkliche chiedenheit der Farbe. So ist z. B. bei $\alpha$ ursae minoris der Haupt-n gelb, der Begleiter weiss; bei $\alpha$ piscium der grössere ($3^m$) grünlich, kleinere ($4^m$) blau; bei $\zeta$ Orionis der Hauptstern ($2^m$) roth, der Neben-n ($6^m$) rothgelb; bei $\gamma$ leonis ist der Hauptstern ($2^m$) goldgelb, der nere ($3{,}5^m$) röthlich; bei $\varepsilon$ Bootis ist der Hauptstern ($3^m$) roth, der leiter ($6^m$) blau u. s. w.

Ein schöner dreifacher Stern ist $\gamma$ Andromedae; der Hauptstern ist goldgelb, die beiden kaum $1/2$ Secunde von einander entfernten leiter sind bläulich violett.

Zöllner hat an seinem bereits auf Seite 317 besprochenen Astro-tometer noch eine weitere Vorrichtung angebracht, welche dazu dient, künstlichen Stern beliebig gefärbt erscheinen zu lassen, so dass er in Beziehung seiner Farbe dem zu beobachtenden natürlichen Sterne kommen gleich gemacht werden kann. Diese Vorrichtung, welche lner Colorimeter nennt, ist in unserer Figur ganz weggelassen, denn überhaupt die ganze Partie zwischen $r$ und $x$ gewissermaassen Kleinheit des Maassstabes wegen nur schematisch dargestellt, keines-s die Constructions- und Verbindungsweise der einzelnen Theile so lergiebt, wie sie an dem Zöllner'schen Instrumente ausgeführt sind.

Der Colorimeter wird durch die Combination des Nicols $p$ mit r senkrecht zur Axe geschnittenen Bergkrystallplatte und einem ten Nicol gebildet. Die senkrecht zur Axe geschnittene $5^{mm}$ dicke rzplatte ist zunächst rechts von $p$ angebracht und zwar so, dass ihre lung gegen $p$ unverändert bleibt; rechts von dieser Quarzplatte be-et sich dann das dritte Nicol. (Natürlich muss der Abstand von $p$ $x$ grösser sein als in unserer Figur, damit die Quarzplatte und das te Nicol zwischen $p$ und $x$ noch Platz finden.)

Wenn das dritte Nicol um seine Axe gedreht wird, während $p$ seine

Stellung beibehält, so ändert sich die Farbe der Quarzplatte, welche durch entsprechende Drehung der des natürlichen Sternes gleichm kann. Die Drehung des dritten Nicols gegen den Nicol $p$ kann an e besonderen Theilkreis abgelesen werden. Wir müssen uns hier begn Zweck und Construction des **Colorimeters** nur anzudeuten.

129 **Ansehen der Sterne mit blossem Auge und mit Fernrohre betrachtet.** Wenn man die Sterne mit unbewaff Auge betrachtet, so erscheinen sie nicht als einfache helle Punkte dern sie erscheinen mit divergirenden Strahlen versehen, wodurd Bild des Sterns eine ziemliche Ausdehnung erhält. Diese Strahle es, welche verhindern, dass man neben Jupiter dessen Trabanten unterscheiden kann, welche gross und hell genug sind, um al stehende Sterne ohne Fernrohre sichtbar zu sein.

Dieser Umstand, dass das Bild der Sterne mit blossem Aug trachtet durch divergirende Strahlen vergrössert erscheint, hat Zweifel seine Quelle im Auge des Beobachters; sphärische Aber Diffraction an den Rändern der Pupille oder an den Wimpern, di breitung des Lichteindrucks auf der Netzhaut von dem unmittel reizten Punkte aus wirken hier zusammen, um die besprochene E nung hervorzubringen. Dass dieselbe subjectiver Natur ist, geht hervor, dass sie bei verschiedenen Personen oft sehr ungleich i Folge der Sternstrahlung schrieben **Kepler** und **Tycho** dem Siri Durchmesser von 4′ und 2′ 20″ zu.

Durch Fernrohre wird das Bild der Fixsterne weit reiner immer bleibt ihnen selbst bei den besten Instrumenten ein f **factiver** Durchmesser. Dass dieser Durchmesser nicht der wahr keldurchmesser ist, unter welchem uns das Fernrohr den Stern sollte, geht daraus hervor, dass er bei wachsender Vergrösserun zunimmt, wie der Durchmesser der Planeten. Wenn man einen I stern durch Fernrohre betrachtet, so rücken die beiden Sterne weiter von einander weg, je stärker die angewandte Vergrösser während die Durchmesser der Sterne selbst bei wachsender Vergrö eher kleiner werden.

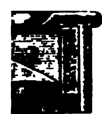
Bei gleicher Vergrösserung ist der falsche Durchmesser de sterne, welchen die Fernrohre zeigen, um so kleiner, je grös Durchmesser des Objectivs ist.

Dass durch Fernrohre Sterne sichtbar werden, welche m blossem Auge nicht sehen kann, ist demnach nicht sowohl eine Fo Vergrösserung, als vielmehr des Umstandes, dass bei grosser O des Objectivs eine weit grössere Menge von Lichtstrahlen von dem ins Auge gelangt, als ohne das Fernrohr durch die Pupillenöffnu gedrungen sein würde. Die **raumdurchdringende Kraft** der rohre, vermöge deren man gewissermaassen weiter in die Himmel vordringen und Sterne erblicken kann, die ohne Fernrohr unsi

ist also vorzugsweise durch die Grösse der Objectivöffnung be-

**wendung des Polariskops zur Prüfung des Lichtes tirne.** 130 Um zu prüfen, ob das Licht des im Jahre 1819 er-
n Kometen polarisirt sei oder nicht, wandte Arago ein achro-
Kalkspathprisma, Fig. 182, an. Wenn man einen Fixstern

182.



durch dasselbe betrachtet, so sind die beiden Bilder stets vollkommen gleich, wie man das Prisma auch um seine Axe drehen mag; ein Beweis also, dass das Licht der Fixsterne nicht polarisirt ist. Schaut man dagegen durch das Prisma nach einem Körper, welcher polarisirtes Licht aussendet, so findet man, dasselbe um seine Axe drehend, bald eine Stellung,
er das eine Bild hell, das andere dunkel ist.

er verbesserte Arago die Vorrichtung dahin, dass er mit dem
chenden Prisma ein dünnes Gypsblättchen verband, welches an
Auge abgewandten Seite des Prismas so befestigt wird, dass
ngungsebenen des Gypsblättchens einen Winkel von 45° mit
ngungsebenen des Prismas machen (Lehrb. der Physik, 7. Aufl.
347). Schaut man nun durch das Prisma und das dünne Gyps-
nach einem Körper, welcher polarisirtes Licht aussendet, so
an die beiden Bilder bei gehöriger Stellung des Prismas com-
gefärbt, also je nach der Dicke des Blättchens roth und grün
und gelb u. s. w.

so verbesserte Instrument nennt Arago Polariskop.

Arago's Beobachtungen mit dem Polariskop war das Licht
y'schen Kometen im Jahre 1835 polarisirt.

das Licht des Donati'schen Kometen (Herbst 1858) soll
Behauptung mehrerer Beobachter polarisirt gewesen sein. Mir
mit Hülfe eines Polariskops der oben beschriebenen Art, wel-
schon bei ganz schwach polarisirtem Lichte sehr entschiedene
igte, kaum zweifelhafte Spuren von Polarisation am Donati'-
neten wahrzunehmen.

dem Polariskop untersucht, zeigte die Sonne, wie sich erwarten
e Spur von Polarisation.

art hat das Polariskop dadurch noch verbessert und empfind-
nacht, dass er zwei unter einem Winkel von 45° gegen die
liffene und gekreuzte Quarzplatten an die Stelle des Gyps-
setzte. Durch diese Vorrichtung nach irgend einer Lichtquelle
nd, beobachtet man für den Fall, dass das Licht polarisirt ist,
e geradliniger Farbenstreifen, welche um so brillanter erscheinen,
ndiger die einfallenden Strahlen polarisirt sind; je unvollstän-
egen die Polarisation ist, desto matter und schwächer erscheinen
chen Streifen (Lehrbuch, 7. Aufl. I. Bd. S. 884 u. 914).

...eckte im Jahre 1612 den ersten Nebelfleck,
... Sterne $\nu$ der Andromeda stehenden, welcher
... nd dessen Länge ungefähr $^1/_2$ Grad beträgt.
... Jahre 1656 den sehr unregelmässig gestalteten
... ähe des Sternes $\iota$ im Wehrgehäng des Orion,
... ichfalls ohne Fernrohr unterscheiden kann.
... s in Allem nur sechs Nebelflecken; durch
... Messier wurden 90 weitere bekannt,
... Hülfe seiner mächtigen Teleskope deren



...s dieser Nebel haben eine durchaus unregelmässige Gestalt, an...gegen zeigen eine regelmässige Anordnung, wie z. B. der von ...r entdeckte Nebel in den Jagdhunden, Fig. 185 (a. f. S.). Ein ...ringförmiger Nebel, welcher Fig. 186 abgebildet ist, befindet ...schen den Sternen $\beta$ und $\gamma$ der Leier.

...e grosse Anzahl von Nebeln, welche Herschel entdeckte, sind ...r oval und zeigen, Fig. 187, bei fast gleichförmiger Helligkeit ...mlich scharfe Begränzung; wegen ihrer Aehnlichkeit mit dem ... der durch starke Fernrohre betrachteten Planeten wurden sie ...n Entdeckern planetarische Nebel genannt.

...dere Nebel von gleicher äusserer Gestalt zeigen gegen ihre Mitte ... grössere Lichtstärke, und bei einigen ist die Concentration des

Wenn man den Vollmond mit dem Polariskop untersucht, so fi man keine Polarisation des Lichtes, was bei der Richtung, in wel für diesen Fall das von der Sonne kommende Licht vom Monde refle wird, nicht anders zu erwarten ist; dagegen soll sich das Mondlicht Zeit des ersten oder des letzten Viertels mit dem Polariskop unters als polarisirt erweisen. Jedenfalls ist diese Polarisation eine äuss geringe.

131 **Milchstrasse, Nebelflecken und Sternhaufen.** Wenn bei vollkommen durchsichtiger Luft in einer mondfreien Nacht den mel betrachtet, so erblickt man auf dem schwarzblauen, mit St übersäeten Hintergrunde einen zarten weissen Nebelstreifen, welche unregelmässiger Begränzung mit wechselnder Breite durch eine Reihe von Sternbildern hindurchzieht. Man kann seinen Lauf au Sternkarten Tab. III. und Tab. IV. verfolgen. Er zieht östlich vo rius vorüber, geht zwischen dem kleinen Hunde und Orion hindurch den Sternbildern des Schwans, des Adlers, des Ophiuchus und des pions, um endlich nach der Stelle wieder zurückzukehren, an we wir ihn zuerst betrachtet haben.

Fig. 183.



Dieser neblige Streifen, welcher den Namen der **Milchstrasse** bildet also einen zusammenhängenden Ring, welcher das ganze Him gewölbe in zwei nicht ganz gleiche Theile scheidet. Vom Schwa über den Schwanz des Scorpions hinaus theilt sich die Milchstra zwei neben einander herlaufende Streifen, welche einen dunklen freien Raum inselartig einschliessen.

Ausser dieser in günstigen Nächten leicht aufzufindenden u verfolgenden Milchstrasse zeigt sich aber am Himmelsgewölbe noc grosse Anzahl kleiner nebliger Flecken, von denen aber nur wenig z. B. der Nebelfleck in der Andromeda, durch sehr gute Augen Fernrohr wahrgenommen werden können, weshalb sie denn au Alterthume der Beobachtung ganz entgingen.

n **Marius** entdeckte im Jahre 1612 den ersten Nebelfleck, n nahe bei dem Sterne *ν* der Andromeda stehenden, welcher abgebildet ist und dessen Länge ungefähr $^1/_2$ Grad beträgt. s entdeckte im Jahre 1656 den sehr unregelmässig gestalteten 184 in der Nähe des Sternes *i* im Wehrgehäng des Orion, n gutes Auge gleichfalls ohne Fernrohr unterscheiden kann. nnte im Jahre 1716 in Allem nur sechs Nebelflecken; durch n von **Lacaille** und **Messier** wurden 90 weitere bekannt, '. **Herschel** allein mit Hülfe seiner mächtigen Teleskope deren ckte.



Fig. 184.



dieser Nebel haben eine durchaus unregelmässige Gestalt, an- gen zeigen eine regelmässige Anordnung, wie z. B. der von ntdeckte Nebel in den Jagdhunden, Fig. 185 (a. f. S.). Ein ngförmiger Nebel, welcher Fig. 186 abgebildet ist, befindet en den Sternen *β* und *γ* der Leier.

grosse Anzahl von Nebeln, welche **Herschel** entdeckte, sind oval und zeigen, Fig. 187, bei fast gleichförmiger Helligkeit ch scharfe Begränzung; wegen ihrer Aehnlichkeit mit dem er durch starke Fernrohre betrachteten Planeten wurden sie Entdeckern **planetarische Nebel** genannt.

e Nebel von gleicher äusserer Gestalt zeigen gegen ihre Mitte rössere Lichtstärke, und bei einigen ist die Concentration des

Lichtes der Art, dass in der Mitte des Nebels ein heller Punkt, einem verschleierten blassen oder selbst einem hellen Sterne ähnlich, erscheint, wie Fig. 188 (a. f. S.), weshalb sie **Nebelsterne** genannt werden.

Fig. 185.



Manche Nebel enthalten zwei oder drei solcher heller Punkte, wie z. B. die Nebel Fig. 189 und 190, von denen sich der erstere im Sternbilde des Schützen, der letztere im Sternbilde des Fuhrmanns befindet.

Fig. 186.



Fig. 187.



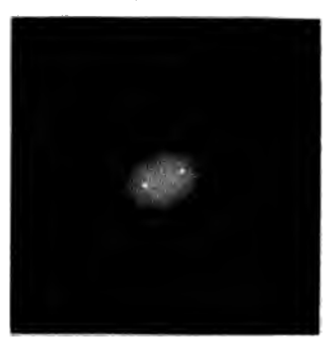
Fig. 191 stellt einen **Doppelnebel** dar, welcher sich ungefähr an der Gränze zwischen dem grossen Bären und dem Haar der Berenice befindet.

den (Fig. 192 a. f. S.) erscheinen einem nicht ganz guten ein Nebel, während ein scharfes Auge hier 6 oder 7 einunterscheidet und man mit einem Fernrohr ihrer 50 bis

Fig. 188.



Fig. 189.



n. Ebenso sieht man oft durch stärkere Teleskope dicht ängte Sternhaufen, wo man durch schwächere Fernrohre bel wahrnehmen konnte.

Fig. 190.



Fig. 191.



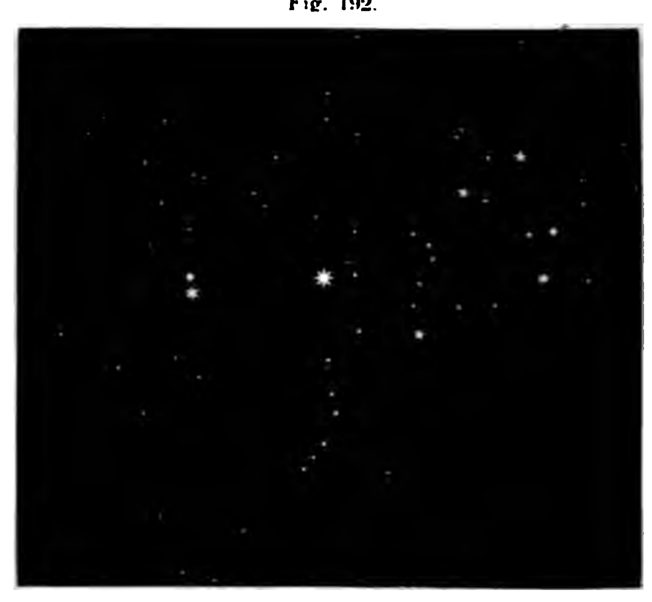
rösserung, welche man zur Auflösung verschiedener Nebel erne nöthig hat, ist nicht immer die gleiche. Einige Nebel on durch geringere, andere nur durch die stärksten Verund die besten Instrumente auflösen. Fig. 193 stellt einen ebel im Hercules dar, wie er durch sehr gute und stark Fernrohre gesehen wird.

hstrasse gehört zu den auflöslichen Nebeln; denn sie er- gute Fernrohre betrachtet, aus zahllosen kleinen dichtgenchen zusammengesetzt.

wie uns die Milchstrasse erscheint, erklärt sich aus der s die Sterne, aus welchen sie besteht, einen Ring bilden, in Fig. 185 abgebildeten ähnlich ist, und dass sich die ihren Planeten nahezu in der Mitte dieses Ringes befinde.

Obgleich durch Anwendung stets besserer Instrumente immer m
Nebel aufgelöst wurden, so war doch nicht anzunehmen, dass alle N
aus einzelnen Sternen zusammengesetzt sind; sondern es schien wa

Fig. 192.

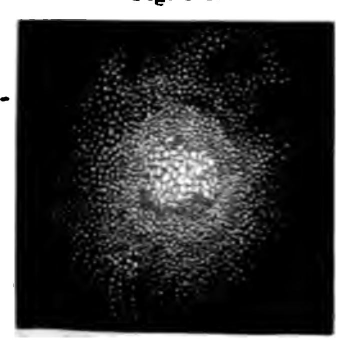


scheinlicher, dass viele der unauflöslichen Nebel wirklich aus e
diffusen nebelartigen Stoffe bestehen, so dass diese Nebel von ähnl
Natur sind, wie die Kometen.

Für diese Ansicht, welche, wie wir später noch sehen werden, d
die Spectralanalyse auf das Voll
digste bestätigt wird, spricht namen
der Umstand, dass es Nebel giebt, w
eine Reihe von Zwischenstufen zwis
den planetarischen Nebeln und den N
sternen bilden, d. h. Nebel, welche
Reihe nach immer stärkere Concentr
des Lichtes in der Mitte zeigen, wod
Herschel auf die Idee geführt wu
dass der diffuse Stoff, aus welchem
Nebel bestehen, sich nach und nach
dichtet und dass in Folge dieser Ver
tung Sterne entstehen.



Fig. 193.



Indem Laplace die Ideen Herschel's über die progressive
dichtung der Nebel und ihre Umwandlung in Sterne adoptirte, und
selben auf unser Planetensystem anwandte, gelang es ihm, die Bil
desselben auf eine sehr befriedigende Weise zu erklären.

Laplace nimmt an, dass ursprünglich die Sonne und alle Körper, ie gegenwärtig um dieselbe rotiren, eine einzige, sich noch über lahn des äussersten Planeten hinaus erstreckende Nebelmasse bildete. olge der fortschreitenden Erkaltung sind nun aber nach und nach r wachsende Quantitäten dieser Nebelmasse in ihrem Centrum conrt worden, so dass sich ein Kern bildete, dessen Masse allmälig wuchs. War nun aber ursprünglich die Winkelgeschwindigkeit für alle um lbe Axe rotirenden Nebelpartieen die gleiche, so musste die abso-Geschwindigkeit für die entfernteren Nebelmassen grösser sein, als ie der Axe näher liegenden; wenn also eine von der Axe entferntere masse in Folge ihrer Condensation auf den bereits gebildeten Centralr stürzt, so bringt sie ihre grössere absolute Geschwindigkeit mit bewirkt auf diese Weise, dass der Centralkörper nach und nach er rotirt als die übrige Nebelmasse. Die gegenseitige Reibung der inen Partieen der Nebelmasse wird nun aber die Bewegung dersn beschleunigen, welche weniger schnell rotiren, dagegen eine Verung der schneller rotirenden bewirken, nach einer gewissen Zeit also die Winkelgeschwindigkeit der gesammten Masse jedenfalls er sein müssen als sie ursprünglich war.

In Folge der mit zunehmender Condensation immer zunehmenden ionsgeschwindigkeit muss aber endlich ein Moment eintreten, in em die Centrifugalkraft der Nebeltheilchen, welche sich in der Nähe lequators der rotirenden Nebelmasse befinden, grösser wird als die , mit welcher sie gegen den Mittelpunkt der Nebelmasse gravitiren, erden sich von der übrigen Nebelmasse trennen, und einen abgerten Nebelring bilden, welcher nach derselben Richtung und mit lben Geschwindigkeit um den Mittelpunkt rotirt, welche er im Moder Abtrennung hatte.

So lösen sich denn nach und nach mehrere Nebelringe von der almasse ab, welche im Mittelpunkte des ganzen Systems condensirt Sonne bildet, während aus der Condensation der Nebelringe die eten hervorgehen.

Aus der Laplace'schen Hypothese über die Bildung unseres Plasystems erklärt sich nun auch, dass alle Planeten in der gleichen ung um die Sonne laufen. Ein in und mit unserem Planetensystem leter Körper kann unmöglich eine rückläufige Bewegung haben. n aber viele Kometen sowohl wie auch Meteorite rückläufig sind, klar, dass dieselben ursprünglich unserem Planetensysteme fremd, ussen her in dasselbe eingedrungen sind.

Schiaparelli spricht sich über die Art, wie er sich die Bildung rischer Wolken denkt, welche in das Sonnensystem eingedrungen nit der Erde zusammentreffend als Sternschnuppen erscheinen, unr in folgender Weise aus: „Eine glühende Gasmasse von sehr bemden Dimensionen und sphärisch abgerundeter Gestalt wird, wie ben gesehen haben, bei ihrer allmäligen Abkühlung und Conden-

sation einen Fixstern bilden, welcher, etwa wie unsere Sonne, noch von einem Planetensystem umgeben sein kann. Eine solche Gasmasse aber von geringeren Dimensionen und unregelmässig verzweigter Form, wird an ihren hervorragenden und vom Mittelpunkte entfernteren Partien eine raschere Abkühlung erfahren, wobei sich dann viele, ja unzählige isolirte kleine Concentrationskerne bilden. Tritt eine solche Concentration auf der Oberfläche ein, während der Centralkörper sich noch in Gasform befindet, so wird ein solches System, von der Sonne angezogen, einen Kometen liefern, welcher von einem Meteorstrom begleitet ist; erfolgt aber die Condensation in gleicher Weise durch die ganze Masse hindurch, so bildet sich eine kosmische Wolke, welche einen Sternschnuppenstrom ohne Kometen erzeugt.

Wenn nun eine solche, aus unzählig vielen kleinen Körperchen bestehende kosmische Wolke in die Anziehungssphäre der Sonne gelangt, so wird sie in eine parabolische Strömung verwandelt, die Jahre, Jahrhunderte, Jahrtausende brauchen kann, um einen Strom von verhältnissmässig geringer Breite bildend, Stück für Stück durch das Perihel zu gehen. Von den zahlreichen Meteorschwärmen, welche auf diese Weise in unser Sonnensystem gelangen, werden uns nur diejenigen sichtbar, welche auf ihrer Bahn mit der Erde zusammenstossen".

Die in parabolischer Bahn sich bewegenden Meteorite kehren nach ihrem Durchgang durch das Perihel in den Weltraum zurück. Unter Umständen kann aber ein Theil eines in parabolischer Bahn laufenden Meteoritenstromes durch den störenden Einfluss eines Planeten von bedeutender Masse in eine elliptische Bahn geworfen werden, wie dies nach Leverrier's Ansicht für den Novemberschwarm durch den Uranus geschah, dessen Bahn dem Aphel und dem aufsteigenden Knoten der Leonidenbahn sehr nahe liegt (Vergl. Fig. 157, Seite 247).

132 **Die Spectra der Fixsterne und der Nebelflecken.** Fraunhofer, der Entdecker der dunklen Linien im Sonnenspectrum, hat auch bereits die Spectra einiger Planeten und Fixsterne untersucht. Bei den ersten der hierher gehörigen Versuche (Gilb. Ann. LVI, 308) fiel das vom Spiegel des Heliostats reflectirte Sternlicht auf das vor dem Theodolith-Fernrohr aufgestellte Prisma, ohne erst durch eine enge Oeffnung gegangen zu sein. Um dem Sternspectrum einige Breite zu geben, wie sie zur Beobachtung der dunklen Linien nöthig ist, setzte Fraunhofer vor das Objectiv des Fernrohrs (13‴ Durchmesser) noch eine Cylinderlinse von grosser Brennweite, deren Axe rechtwinklig zur brechenden Kante des Prismas gestellt war.

Mit dieser Vorrichtung erkannte Fraunhofer im Spectrum der Venus die Linien *D*, *E*, *b* und *F*. Im Spectrum des Sirius beobachtete er drei dunkle Streifen im Grün und Blau, welche mit denen des Sonnenlichtes keine Aehnlichkeit zu haben schienen.

Später (Gilb. Ann. LXXIV, 375) wandte Fraunhofer zur Beobach

; der Sternspectra ein grösseres Fernrohr an, dessen Objectiv 4 Zoll
nung hatte. Vor diesem Objectiv wurde ein Flintglasprisma ange-
ht, dessen Flächen noch grösser waren, als die Oberfläche des Ob-
vs. Der brechende Winkel dieses Prismas betrug 37° 40′ und es
kte als Minimum eine Ablenkung von ungefähr 26° hervor. Es
le nun ein zweites kleines Fernrohr mit dem grossen in der Weise
verbunden, dass die Axen beider Fernrohre einen Winkel von 26°
einander machten, und dass, wenn das kleine Fernrohr direct auf
n zu beobachtenden Stern gerichtet war, im grossen Fernrohr das
h das Prisma erzeugte Spectrum desselben beobachtet werden konnte.
dieser Vorrichtung wurden im Wesentlichen die schon früher ge-
hten Beobachtungen bestätigt.

Durch Kirchhoff's Entdeckung in Betreff des Ursprungs der Fraun-
er'schen Linien im Sonnenspectrum haben nun auch die Spectra der
terne ein erhöhtes Interesse gewonnen, und in Folge dessen sind sie der
nstand neuerer und eingehenderer Untersuchungen geworden, welche
ugsweise durch Huggins und Miller in England, und durch Secchi
Rom ausgeführt wurden. Bei allen neueren Apparaten, welche zur
bachtung der Fixsternspectra angewandt wurden, sind die analysi-
len Prismen nicht vor dem Objectiv des Fernrohres, sondern am
larende desselben angebracht.

Wenden wir uns zunächst zu den Untersuchungen von Huggins
Miller. Das von ihnen benutzte, parallaktisch aufgestellte und
ch ein Uhrwerk bewegte Fernrohr hat ein Objectiv von 8 Zoll Durch-
ser. An das Ocularende desselben ist ein Rohr *C*, Fig. 194, ange-
aubt, in welchem das einerseits durch die Cylinderlinse *a* geschlossene
r *B* etwas hin- und hergeschoben werden kann. Die Cylinderlinse
at 14 Zoll Brennweite und ihre Axe steht rechtwinklig zu den
henden Kanten der analysirenden Prismen.

Etwas hinter *a* befindet sich das Rohr *D*. Sein vorderes, gegen
i Zoll von *a* entferntes Ende ist bis auf einen engen, mit der bre-
nden Kante der Prismen parallelen Spalt geschlossen, welcher sich im
npunkt der das andere Ende des Rohres *D* schliessenden Collimator-
e *g* (4,7″ Brennweite) befindet.

Die vom Spalt aus divergirenden, durch die Linse *g* parallel ge-
hten Strahlen werden endlich, nachdem sie noch die Flintglasprismen
d *s′* (60° brechender Winkel) durchlaufen haben, durch das kleine
nrohr *F* (von 5,7facher Vergrösserung) beobachtet.

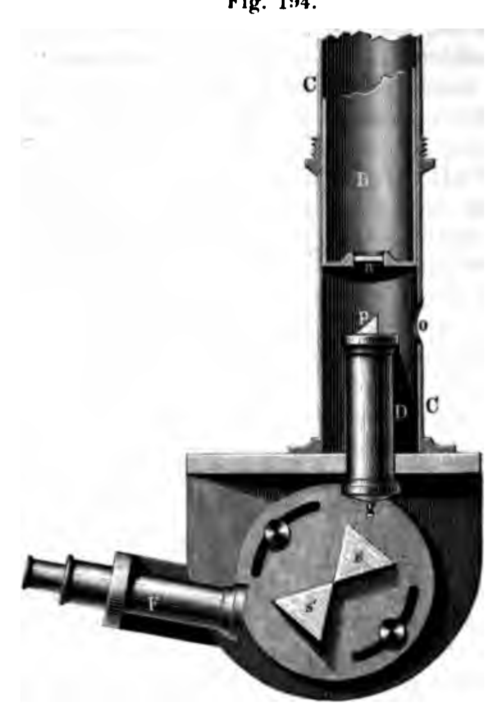
Das Fernrohr *F* ist übrigens nicht fest, wie es der Einfachheit
er in Fig. 193 gezeichnet ist, sondern es kann in einer zur brechenden
te der Prismen rechtwinkligen Ebene mittelst einer Mikrometer-
aube gedreht werden.

Um das Spectrum der Gestirne mit dem farbiger Flammen oder
trischer Funken vergleichen zu können, ist die Hälfte des Spaltes
vorderen Ende des Rohres *D* durch ein rechtwinkliges Prisma *p* ge-

schlossen, welches mittelst totaler Reflexion die durch die Oeffnung c der fraglichen Lichtquelle einfallenden Strahlen in die gleiche Rich wie die vom Stern kommenden Strahlen bringt, so dass man das trum des Sternes unmittelbar über dem jener Lichtquelle erhält.

Für die Beobachtung lichtschwacher Objecte, wie z. B. der flecken, wurde nur ein analysirendes Prisma in Anwendung gebrac

Fig. 194.




Solche Objecte, welche im Fernrohr merkliche Dimensionen wie der Mond, die Planeten und Nebelflecke, sind ohne die cyl sche Linse $a$ beobachtet worden.

Wenn es sich nur um die Beobachtung der Fixsternspect nicht um die Vergleichung derselben mit dem Spectrum irdischer quellen handelt, kann man das Rohr $D$ mit dem Spalt, dem Pr und der Collimatorlinse $g$ weglassen.

Die mit diesem Apparat erzielten Resultate sind im Wesen folgende.

Da Mond und Planeten nur mit reflectirtem Sonnenlicht le so können sie auch nur ein durch ihre Atmosphäre modificirtes S spectrum zeigen. Im Spectrum des Mondes hat man kein An einer Mondatmosphäre wahrnehmen können. Das Jupiters-Spec zeigt Absorptionsstreifen, welche zum Theil mit denen der Erdatmo

mmenfallen, zum Theil aber auch der Erdatmosphäre ganz fremd welche also anzeigen, dass in der Atmosphäre des Jupiter Gase und pfe vorkommen, welche in der Erdatmosphäre fehlen. Das schwache trum des Saturn ist dem des Jupiter ähnlich. Im Spectrum des s zeigen sich bemerkenswerthe Liniengruppen im brechbarsten Theile Spectrums. Im Spectrum der Venus hat man, obgleich es sehr end ist und die Fraunhofer'schen Linien sehr deutlich zeigt, besondere Linien entdecken können, welche die Anwesenheit einer sphäre verriethen. Das Fehlen solcher Linien kann hier dem Ume zugeschrieben werden, dass das Licht nicht von der Oberfläche laneten, sondern durch Wolken reflectirt wird, welche in einer gen Höhe über der Oberfläche schweben.

Die Fixsterne geben uns, obgleich sie entfernter und von geringerem e sind, als der Mond und die Planeten, doch vollständigere Ann ihrer innersten Natur, weil sie selbstleuchtende Körper sind. ergleichung der Fixsternspectra mit den Spectren verschiedener lischer Elemente macht es nun möglich, zu ermitteln, welche Stoffe mpfförmigem Zustande in ihrer Atmosphäre enthalten sind (Lehr- 7. Aufl. I.).

m Spectrum des Aldebaran finden sich die dunklen Linien $C$ und durch die Gegenwart von Wasserstoff, und die Linie $D$, wodurch egenwart von Natrium nachgewiesen ist. Ferner ist durch die chtung der entsprechenden dunklen Linien für Aldebaran die Gert von Magnesium, Calcium, Eisen, Wismuth, Tellur, Antimon uecksilber nachgewiesen; dagegen fehlen im Spectrum dieses Fix- die dunklen Linien des Stickstoffs, des Kobalts, des Bleies, des s u. s. w.

m Spectrum von $\alpha$ Orionis (Betegeuze) kommen die dunklen Linien velche die Gegenwart von Natrium, Magnesium, Calcium, Eisen und uth constatiren, dagegen fehlen die Wasserstofflinien, ferner die n für Stickstoff, Zinn, Barium, Silber, Cadmium u. s. w. Das Fehler Wasserstofflinien $C$ und $F$ im Spectrum dieses und anderer erne beweist, dass diese Linien nicht von dem Wasserdampfe unserer tmosphäre herrühren können.

In gleicher Weise haben Huggins und Miller noch etwa 60 andere e untersucht, und gefunden, dass alle, wenigstens einige, der Sonne der Erde gemeinschaftliche Elemente enthalten. So enthält $\beta$ Pe- Natrium, Magnesium und wahrscheinlich Barium.

Sirius enthält Natrium, Magnesium, Eisen und Wasserstoff.

Wega und Pollux ($\beta$ geminorum) enthalten Natrium, Magnesium Eisen.

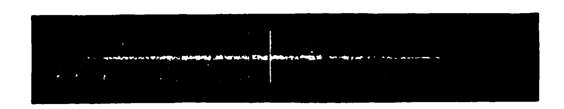
Also überall Natrium und Magnesium.

Während in dem Spectrum weisser Sterne, z. B. dem des Sirius, dunklen Linien ziemlich gleichförmig über das ganze Spectrum verlt erscheinen, treten bei farbigen Sternen dichte Gruppen dunkler

Linien, Schattenparthieen bildend, in demjenigen Theile des Spect auf, dessen Licht in der Färbung des Sternes zurücktritt, also im und Orange bei den bläulichen Sternen, im Blau bei den gelben röthlichen.

Ein höchst überraschendes Resultat ergab sich, als Huggin August 1864 das Spectrum eines kleinen aber verhältnissmässig glä den Nebelflecks (37 H IV im Drachen) beobachtete. Er fand es etwa dem Spectrum der Fixsterne, sondern dem glühenden Gase äl aus drei hellen Linien bestehend, Fig. 195, von denen die hells

Fig. 195.



unserer Figur die Linie rechts) mit der intensivsten aus der Grupp für Stickstoff charakteristischen Linien, die schwächste aber (die links) mit der Linie $F$ des Wasserstoffspectrums zusammenfällt. mittlere der drei hellen Linien, welche das Spectrum dieses Nebel bilden, hat keine entsprechende unter den hellen Linien der 30 ird Elemente, welche damit verglichen wurden.

Diese Beobachtung beweist, dass der fragliche Nebelfleck nicht ein Haufen gesonderter Sterne, sondern dass er ein wirklicher I ist. Ein derartiges Spectrum kann nicht von einem glühenden oder flüssigen, sondern nur von einem in gasförmigem Zust glühenden Körper herrühren.

Ausser diesen hellen Linien sah man noch ein ausserord schwaches continuirliches Spectrum, welches keine merkliche Ausde in die Breite hatte, und welches auf die Existenz eines kleinen leu den aber nicht gasförmigen Kernes hinweist.

Es ist klar, dass die Beobachtung solcher Objecte mit dem I wegen ihrer Lichtschwäche äusserst schwierig ist. Sie ist nur be klarem Himmel und bei Abwesenheit des Mondes möglich.

In den Jahren 1865 und 1866 hat Huggins 60 Nebelfleck Sternhaufen untersucht; ungefähr $^1/_3$ derselben gaben ein dem ob sprochenen ähnliches Spectrum, mit einer oder mit zwei oder mi hellen Linien. Zu den letzteren gehört auch der Nebel im Schwe des Orion. Das Spectrum eines Nebelflecks (18 II IV) zeigt vie Linien.

Alle wirklichen Sternhaufen, welche durch das Teleskop trennte glänzende Punkte aufgelöst werden, geben ein Spectrum continuirlichem Ansehen und man ist berechtigt, anzunehmen alle bis jetzt noch nicht aufgelösten Nebel, welche gleichfalls ein nuirliches Spectrum zeigen, wie z. B. der grosse Nebel der Andro gleichfalls Sternhaufen sind.

Secchi in Rom wandte zur Untersuchung der Sternspectra Gerad-
1au-Spectroskope an, welche in Paragraph 134 näher besprochen
rden sollen, da derselben in dem entsprechenden Abschnitt meines
rbuchs der Physik noch keine Erwähnung geschehen ist. Secchi
seine Beobachtungen auf mehrere hundert Fixsterne, und zwar
zu solchen siebenter Grösse ausgedehnt. Die beobachteten Spectra
einander vergleichend, fand er, dass sie sich in drei Hauptgruppen
ilen oder mit anderen Worten, dass sie sich auf drei Haupttypen
ückführen lassen und dass man häufig in derselben Gegend des
nmels auch Sterne desselben Typus findet.

Der erste Typus enthält die gelb oder roth gefärbten Sterne, wie
les Orion, $\alpha$ des Scorpion, $\varphi$ des Pegasus u. s. w. In ihrem Spectrum
gen sich breite dunkle Bänder, was darauf hindeutet, dass sie mit einer
r dichten Atmosphäre umgeben sind.

Der zweite Typus umfasst die weissen und schwach gefärbten
rne, deren Spectra, dem Sonnenspectrum ähnlich, feine scharfe dunkle
ien zeigen. In diese Classe gehören: Arcturus, $\alpha$ des grossen Bären,
les Adlers, Capella, Procyon u. s. w.

Zum dritten Typus endlich gehören die weissen und bläulichen
rne, wie Sirius, Wega, $\alpha$ des Adlers u. s. w., bei welchen ausser den
ien, wie sie bei den Sternen des zweiten vorkommen, noch einige sehr
ke Streifen vorkommen, von denen zwei mit den Wasserstofflinien
nd $F$ zusammenfallen, während manchmal im Violett noch eine dritte
k dunkle Linie erscheint.

Eine merkwürdige Ausnahme bildet der Stern $\gamma$ der Cassiopea, in
chem die Wasserstofflinie $F$ als eine helle erscheint.

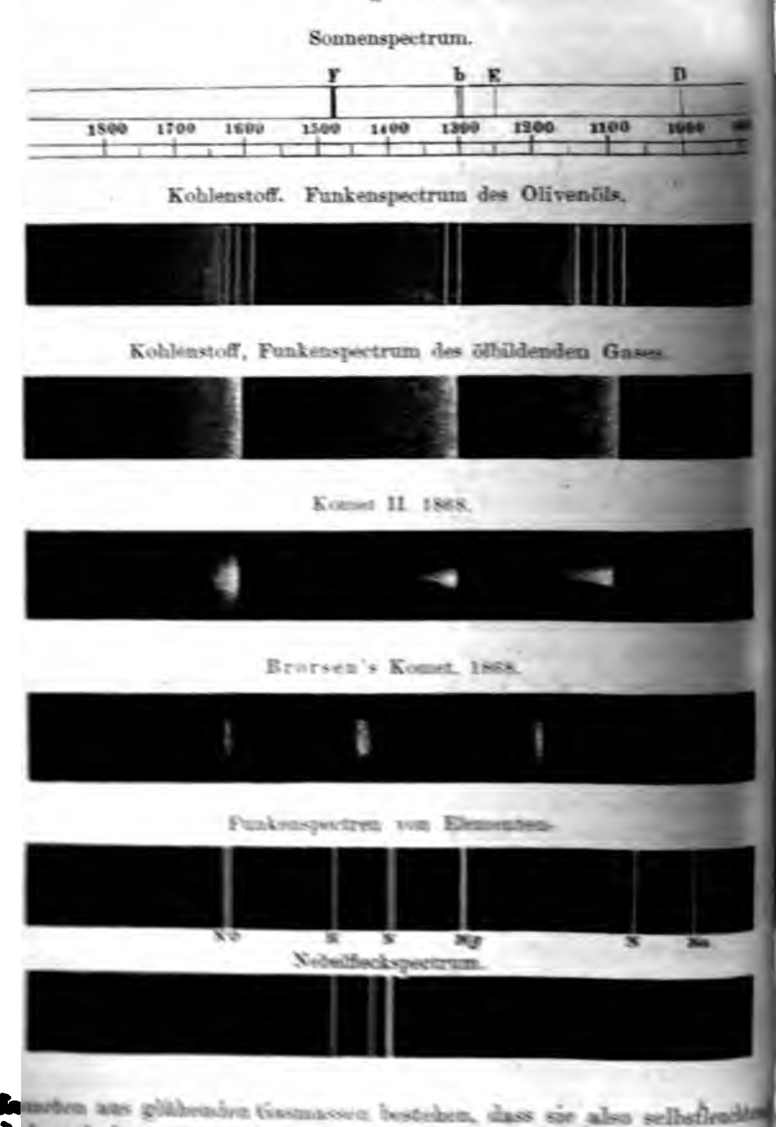
Aehnliches beobachteten Huggins und Miller an dem Stern $T$
nae, welcher, vorher nur als Stern 9ter Grösse beobachtet, zu Anfang
1866 zu einem Stern 2ter Grösse aufleuchtete, um dann in zwölf
n wieder bis zur 8ten Grösse herabzusinken. Das Spectrum zeigte sich
zwei übereinanderfallenden Spectren zusammengesetzt. Das erstere
l durch vier glänzende Linien gebildet, von denen die beiden
ten dem Wasserstoff angehören, das zweite ist dem der Sonne analog.
plötzliche Aufleuchten dieses Gestirns scheint darauf hinzudeuten,
s der Sitz einer grossen, von ausserordentlicher Gasentwickelung
iteten Katastrophe gewesen, dass es plötzlich von den Flammen
nenden Wasserstoffs umgeben worden sei.

Klinkerfues hält es für wahrscheinlich, dass die absorbirende
osphäre, welche die dunklen Linien des einen Spectrums erzeugt,
anderes Centrum habe als die glühende, dass also $T$ coronae als ein
ppelstern zu betrachten sei.

**Das Spectrum der Kometen.** Zwei kleine Kometen, welche 133
6 und 1867 erschienen, gaben nach Huggin's schwache continuir-
e Spectra mit einzelnen hellen *Linien*. Genauer wurde im Jahre 1868

der viel hellere Brorsen'sche Komet untersucht, dessen in Fig. 196 dargestelltes Spectrum drei helle Streifen zeigte, deren mittelster am hellsten war. Dieser Beobachtung zufolge ist es wohl kaum zweifelhaft, dass die

Fig. 196.




…men aus glühenden Gasmassen bestehen, dass sie also selbstleucht… …d und dass nur einzelne Theile derselben (wohl vorzugsweise … …weife) Sonnenlicht reflectiren. Von welchem glühenden Gase …

streifen des Brorsen'schen Kometen herrühren, ist noch nicht

ins untersuchte spectroskopisch auch das Licht des Kometen ecke, dessen teleskopische Erscheinung in Fig. 197 darge- Das gleichfalls in Fig. 196 dargestellte Spectrum desselben falls drei helle Streifen, welche nach dem rothen Ende des in am glänzendsten waren und nach der anderen Seite hin sich allmälig abschwächten. Der Lage nach fielen aber die Lichtstreifen im Spectrum dieses Kometen (II. des Jahres 1868) nicht mit denen des Brorsen'schen Kometen zusammen, dagegen zeigten sie die auffallendste Aehnlichkeit mit der in Figur 196 gleichfalls dargestellten Modification des Kohlenstoffspectrums, welche man erhält, wenn man den Inductionsfunken durch ölbildendes Gas schlagen lässt. Nach diesem Ergebniss ist es wohl kaum zweifelhaft, dass Kohlenstoff einen Bestandtheil dieses Kometen bildet, wenn es gleich noch gänzlich unbekannt ist, in welchem Zustande dieses so schwerflüchtige Element hier vorkommt.

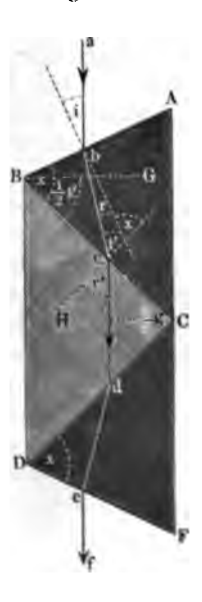
Fig. 197.



**Spectralapparate ohne Ablenkung.** 134 Der Umstand, dass in den gewöhnlichen Spectralapparaten die Lichtstrahlen durch die Prismen von ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt werden, erschwert in manchen Fällen allerdings die Einstellung, weshalb man darauf dachte, Prismenapparate zu construiren, welche die prismatische Farbenzerstreuung ohne Ablenkung der mittleren (etwa der gelben) Strahlen hervorbringen. Die hier zu lösende Aufgabe ist also die umgekehrte des Achromatismus, welche bekanntlich darin besteht, durch Combination zweier verschiedenem Zerstreuungsvermögen die Farbenzerstreuung während eine Ablenkung übrig bleibt. Der Erste, welcher auszuführen suchte, ist Amici, welcher bereits 1860 einen solt, ein spectroscope à vision directe, wie es die Franzosen struirte. An ein gleichschenkliges Flintglasprisma $BCD$, f. S.), dessen brechender Winkel bei $C$ mit $g$ bezeichnet

werden mag (bei dem Amici'schen Apparat war $g = 90°$), sind beiden Seiten zwei einander gleiche Crownglasprismen $ABC$ $CDF$ aufgekittet, deren brechender Winkel $x$ so zu bestimmen dass für Licht von mittlerer Brechbarkeit eintretende Strahl $ab$ ebenso wie der aus tende $ef$ dem das Flintglasprisma symmetr durchlaufenden Strahl $cd$ parallel sind.

Fig. 198.



Zur Berechnung von $x$ haben wir zunä folgende Gleichungen:

$$\sin i = n . \sin r \quad . \; . \; . \; .$$

und
$$n . \sin i' = m . \sin r'$$

oder
$$n . \sin i' = m . \sin \frac{g}{2} \quad . \; . \; .$$

da $r'$ offenbar gleich $\frac{g}{2}$ ist. In diesen chungen bezeichnet $n$ den Brechungsexpon des Crownglases, $m$ den des Flintglases fü fragliche Strahlenart. Da $ab$ mit $cd$ pa sein und der letztere Strahl das Flintglasp symmetrisch durchlaufen soll, so stehen $a$ $cd$ rechtwinklig auf der Linie $HC$, w den brechenden Winkel bei $C$ halbirt und winklig auf der mit ihr parallelen $BG$ aus folgt aber

$$i = x - \frac{1}{2} g;$$

ferner ist aber auch

$$i' = x - r \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; .$$

Setzt man in Gleichung 2) für $\frac{g}{2}$ seinen Zahlenwerth, so kann den entsprechenden Zahlenwerth von $i'$ berechnen. Da die Winkel $r$ jedenfalls klein genug sind, so kann man ohne merklichen Fehler der Gleichung 1) setzen

$$i = nr$$

und wenn man für $i$ seinen obigen Werth setzt

$$x - \frac{g}{2} = nr \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; .$$

combinirt man endlich die Gleichungen 3) und 4), so kommt

$$x = \frac{2\,n\,i' - g}{n - 1} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; .$$

Für $g = 90°$, $m = 1{,}63$ und $n = 1{,}53$ (Brechungsexponenten f Linie $D$) ergiebt sich aus Gleichung 2)

$$\sin i' = 0{,}75317,$$

$$i' = 48^0\ 52' = 48{,}866^0$$

ich, wenn man diesen Werth von $i'$ mit $g = 90$ und $n = 1{,}53$ ung 5) setzt,

$$x = 55{,}9^0 = 55^0\ 54'.$$

diesen Daten ausgeführte Prismencombination wird also die trahlen ohne Ablenkung durchlassen, während die rothen nach ı, die blauen nach der anderen Seite der gelben hin abgelenkt kurz der Apparat giebt ein Spectrum ohne Ablenkung der gelben

versteht sich von selbst, dass bei gleichem Werthe von $g$ der : doch ein anderer werden muss, wenn man andere Glassorten , als diejenigen, auf welche sich die obige Berechnung bezieht. ein breiteres Spectrum zu erzielen, combinirte Janssen zwei prismen mit drei Crownglasprismen in der durch Fig. 199 er- Weise, so dass ein Crownglasprisma $CDE$ in die Mitte des ganzen Systems zu stehen kam. Während die brechenden Winkel bei $C$, $D$ und $E$ gleich $90^0$ waren, betrug jeder der Winkel $x$ (natürlich für bestimmte Glassorten) $81^0$. Secchi bediente sich bei seinen Untersuchungen über das Licht der Gestirne einer solchen Combination, für welche die Winkeldistanz der Fraunhofer'schen Linien $B$ und $H$ $6^0\ 51'$, also fast doppelt so viel betrug, als für ein gewöhnliches Flintglasprisma, dessen brechender Winkel $60^0$ beträgt.

199.

B

D

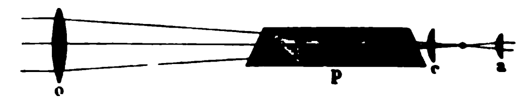
F

Derartige Prismensysteme werden in ausgezeichneter Weise von Hofmann in Paris, von Merz in München und von Steinheil in München verfertigt.

Um Sternspectra mittelst solchen Prismensystems zu untersuchen, werden dieselben entweder einfach zwischen dem Objectiv $o$ des Fernrohrs und dem Collectivglas $c$ desselben eingesetzt, wie Fig. 200 (a. f. S.) erläutert ($a$ ist die Ocularlinse des Fernrohrs); es kann hier das Collectivglas $c$ durch eine Cylinderlinse ersetzt werden, deren Axe rechtwinklig auf der Kante der Prismen steht, oder man bedient sich des zusammengesetzteren Arrangements, bei welchem die von dem Fernrohrobjectiv $o$, Fig. 201, kommenden Strahlen zunächst auf die Cylinderlinse $c$ fallen, welche den Brennpunkt $f$ des Objectivs in Kante der Prismen parallele Brennlinie verwandelt. Die von $f$ girenden Strahlen werden durch die Collimatorlinse $d$ parallel und nach ihrem Durchgang durch das Prismensystem $p$ durch es Fernrohr beobachtet, dessen Objectiv $h$ und dessen Ocular

Simmler hat die Farbenzerstreuung ohne Ablenkung dadurch h[illegible] vorgebracht, dass er die aus dem zerstreuenden Flintglasprisma a[illegible] tretenden Strahlen durch Reflexion wieder in die Einfallsrichtung

Fig. 200.




rückführt, und zwar wendet er zu diesem Zweck die totale Reflexion der Hypotenusenfläche eines rechtwinkligen Glasprismas an (Pogg. [illegible] CXX, 1863). Nach diesem Princip construiren Herrmann und Pfi[illegible] in Bern Spectroskope ohne Ablenkung mit zwei zerstreuenden Flint[illegible] und zwei reflectirenden Crownglasprismen.

Fig. 201.

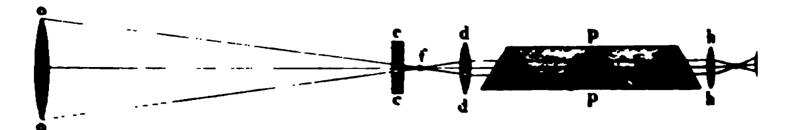



Fig. 202 stellt die spectroskopische Vorrichtung dar, deren Zöllner zu der in §. 121 besprochenen Beobachtung der Sonnen-Pr[illegible] beranzen bediente, und welche mittelst des Schraubengewindes *bb* a[illegible] Refractor angeschraubt wird (in [illegible] der nat. Grösse). *s* ist der Spalt, [illegible] eher durch eine in der Figur weggelassene, von aussen her in die R[illegible] *A A* hineinragende Schraube enger und weiter gestellt werden k[illegible] Das Rohr, an dessen Ende die Spalte *s* angebracht ist, kann durch [illegible] gleichfalls in der Zeichnung weggelassene Schraube in der Richtung [illegible] Axe vor- und rückwärts geschoben werden, um es genau in den Br[illegible] punkt der Collimatorlinse *L* (12^cm Brennweite) zu bringen. Die pa[illegible] aus der Collimatorlinse austretenden Strahlen werden, nachdem sie [illegible] Prismensystem durchlaufen haben, durch die Ocularröhre *F* beobac[illegible] deren vordere Linse *L* gleichfalls 12^cm Brennweite hat. Um verschie[illegible] Partieen des Spectrums einstellen zu können, ist das Ocularrohr [illegible] den Zapfen *z* drehbar, so dass die Richtung seiner Axe mittelst [illegible] Schraube *h* fein verstellt werden kann.

Das ganze Spectroskop lässt sich um seine Axe drehen, wäh[illegible] die mit dem Gewinde *bb* verbundenen Theile in unveränderter Lage [illegible] Refractor bleiben.

[illegible] **Einfluss der räumlichen Bewegung der Sterne** [illegible] **Spectrum.** Wenn man sich gegen eine Tonquelle sehr ra[illegible] [illegible], so wird das Ohr von den Verdichtungswellen, welche der tön[illegible]

aussendet, in rascherer Aufeinanderfolge getroffen werden, als die Entfernung zwischen Tonquelle und Beobachter unverändert der Ton muss also durch die rasche Annäherung für unser Ohr erhöht werden. Umgekehrt muss der Ton erniedrigt werden, wenn die Entfernung zwischen Beobachter und Tonquelle rasch zunimmt.

Fig. 202.




Diese von Doppler entwickelte Consequenz ist durch Versuche auf Eisenbahnen, und zwar zuerst von Buys-Ballot auf das Vollständigste bestätigt worden.

Das oben angedeutete Princip ist aber für Lichtwellen eben so richtig, wie für Schallwellen, der Versuch Doppler's aber, daraus die Farben mancher Sterne zu erklären, hat den Beifall der Physiker nicht gefunden. Doppler meint nämlich, dass ein an und für sich weisser Stern bei rascher Annäherung gegen die Erde bläulich, bei rascher Entfernung dagegen röthlich erscheinen müsste.

Aber selbst wenn die gegenseitige Annäherung oder Entfernung zwischen einem Fixstern und der Erde von hinlänglicher Geschwindigkeit wäre, so liesse sich dadurch wohl eine Farbenveränderung monochromatischer, aber durchaus nicht eine Farbenveränderung weisser Lichtquellen erklären. Nehmen wir z. B. an, die Geschwindigkeit eines Sternes, welcher weisses Licht aussendet, sei gross genug, um sein Roth für uns in Orange, sein Orange in Gelb u. s. w., sein Violett in das unserem Gesichtssinne nicht wahrnehmbare Ultraviolett zu verwandeln, so würde das verschwundene Roth durch die Bewegung aus dem Ultraroth wieder hergestellt werden, das verwandelte Spectrum würde also wieder aus denselben Farben bestehen, wie das ursprüngliche, wir würden also ohne Prisma nach wie vor den Anblick eines weissen Sternes haben.

Wenn überhaupt eine relative Bewegung der Erde und der Fixsterne irgend einen Einfluss auf die Lichterscheinung der letzteren hat, so kann darüber nur die Spectralanalyse Aufschluss geben. Wenn bei hinreichend rascher erung etwa das Gelb bei der Linie $D$ in Grün verwandelt würde, de nur die Doppellinie $D$ im Grün, statt im Gelb zum Vorschein

kommen, es müssten also alle dunklen Linien des Spectrums gege
violette Ende hin verschoben werden. Die ursprüngliche Lage
Linien, wie sie der Geschwindigkeit Null entspricht, wird aber
ein gleichzeitig beobachtetes irdisches Spectrum, z. B. durch das
Natronflamme, gegeben.

Huggins hat nun mit einem weit stärkeren als dem oben b
benen Apparate eine praktische Ausführung dieser Idee versu
allerdings Andeutungen einer solchen Verschiebung, wenn auc
keineswegs ein vollkommen sicheres Resultat erhalten. Es kan
nicht auffallen, wenn man bedenkt, dass die Geschwindigkeit der A
rung oder Entfernung zwischen der Erde und einem Fixstern 4
graphische Meilen in der Secunde betragen müsste (die Geschwin
der Erde in ihrer Bahn beträgt nicht ganz 5 Meilen), um die F
hofer'schen Linien nur um den Abstand der beiden $D$-Linien
schieben. Bei der Mehrzahl der Sterne wird man aber höchste
dieser Geschwindigkeit erwarten dürfen.

Dass wirklich die Entfernung eines Sternes von der Er
43 Meilen in der Secunde zunehmen müsste, um eine Verschiebu
Spectrallinien um den Abstand der beiden $D$-Linien zu bewirken
aus folgender Betrachtung hervor. — Die Wellenlänge der brec
$D$-Linie ist nach Angström 5889, die der anderen ist 5895 Mi
Millimeter. Die Geschwindigkeit des Lichtes, 42 000 Meilen in
cunde, wie in einem der nächsten Paragraphen gezeigt werden soll,
nun durch die Geschwindigkeit $x$, mit welcher sich die Erde vom
entfernt, im Verhältniss von 5889 zu 5895 vergrössert erschein
eine Verschiebung der Spectrallinien um den Abstand der beiden $D$
zu bewirken; wir haben also

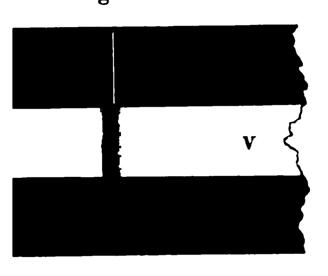
$$5889 : 5895 = 42000 : 42000 + x,$$

woraus sich $x = 43$ ergiebt.

Das von Huggins erhaltene Resultat besteht übrigens in
dem: Die $F$-Linie des Siriusspectrums erscheint gegen die entspre
helle Linie des Wasserstoffspectrums einer Geissler'schen Röhr
in die Breite gezogen. Eine solche Verbreiterung zeigt übrigen
die fragliche helle Linie des Wasserstoffspectrums, wenn der elek
Funken nicht durch verdünntes Wasserstoffgas, sondern durch
hindurchschlägt, welches sich unter stärkerem Druck befindet;
aber die scharfe helle Linie des verdünnten Wasserstoffgases n
Mitte des hellen Streifens im Spectrum des dichteren Gases
men. Nicht so bei der breiteren $F$-Linie des Siriusspectrums,
in der That etwas gegen das rothe Ende des Spectrums hi
schoben erscheint, wie man in Figur 203 sieht. Huggins
diese Verschiebung höchstens auf $^1/_4$ bis $^1/_3$ des Abstandes der
$D$-Linien, woraus zu schliessen wäre, dass die Entfernung zw
Erde und Sirius um ungefähr 10 geographische Meilen in der S
zunehme, was einer Verlängerung der Wellenlänge um 0,15 Mi

entspricht. Da aber zur Zeit, in welcher Huggins seine
ıg machte, die Erde in ihrer Bahn sich um 3 Meilen in der
om Sirius weg bewegte, so bleibt noch eine Geschwindigkeit
von ungefähr 7 Meilen in der Secunde übrig, mit welcher sich Sirius von unserem Sonnensystem entfernt.

Fig. 203.




Wenn überhaupt eine experimentelle Lösung dieser Frage möglich ist, so ist sie durch eine äusserst sinnreiche Vorrichtung zu erwarten, welche Zöllner zu diesem Zweck ausgedacht hat und welche er mit dem Namen eines
nsspectroskops bezeichnet. Bei diesem Instrumente sind
ci'sche Prismensysteme so zusammengestellt, wie Fig. 204
dass also die Farben im Spectrum des einen in entgegen-
Richtung auf einander folgen wie im Spectrum des anderen.
ɜ hier nicht näher zu beschreibende Vorrichtung kann nun bewirkt werden, dass das Spectrum, welches das eine Prismensystem von einer entfernten Lichtquelle entwirft, gerade über dem durch das andere System erzeugten Spectrum derselben Lichtquelle steht. Findet nun durch die oben besprochene kosmische Bewegung eine Verschiebung der Spectrallinien Statt, so müsste

ig. 204.



ı dem einen Spectrum die entgegengesetzte Richtung haben
deren und deshalb leichter bemerkbar und messbar sein. Hätte
das Instrument so gestellt, dass die $F$-Linie des Sonnenspec-
einen Spectrum genau in die Verlängerung des anderen fällt, so
ei Beobachtung eines Sternspectrums in Folge der kosmischen
die beiden $F$-Linien auseinander treten (Pogg. Ann. CXXXVIII).
h die Verschiebung der Fraunhofer'schen Linien hat Lockyer
die Bewegung von Gasmassen in der Sonnenatmosphäre con-
as Telestereoskop auf Flecken in der Mitte der Sonnenscheibe
zeigte nämlich die Wasserstofflinie $F$ grosse Unregelmässig-
ın einigen Stellen erschien sie dunkel auf hellem, an anderen
gegen hell auf dunklem Grunde. In den hellen Parthieen so-
in den dunklen, zeigte sie sich theilweise nicht nur breiter,
ıch entweder nach der rothen oder nach der violetten Seite des
hin gebogen, wie dies Fig. 205 (a. f. S.) anschaulich machen
hnliche Biegungen zeigte auch die rothe Wasserstofflinie $C$, an
ıgegen die Veränderungen in der Breite kaum wahrzunehmen

ler Grösse der Ausbiegung, wie sie in verschiedenen Fällen

beobachtet wurde, ergab sich eine Geschwindigkeit von 8 bis 25 M
für den aufsteigenden oder niederstürzenden Gasstrom, ein Resultat
ches mit dem in §. 122 besprochenen Resultate der Zöllner'schen
nung sehr gut harmonirt.

Während in der Mitte der Sonnenscheibe nur die vertikal
aufsteigenden oder niederstürzenden Gasströme eine Verschiebung
Fraunhofer'schen Linien bewirken können, geschieht dies am Son
rande nur durch Strömungen, welche parallel der Sonnenoberfläch
der Erde weg oder gegen die Erde hin gerichtet sind. Solche

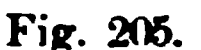
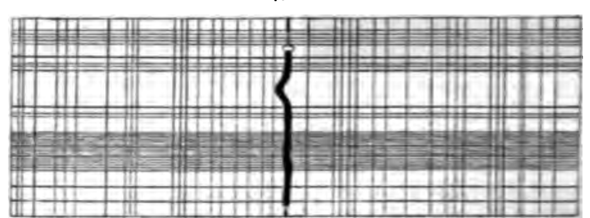


Fig. 205.



gungen in der Sonnenatmosphäre werden durch das Spectroskop
merklich gemacht, dass die hellen Linien der Chromosphäre
geradlinigen Fortsetzungen der entsprechenden dunklen Fra
schen Linien des Sonnenrandes sind, sondern dass sie etwa
einen oder anderen Seite hin abgebogen erscheinen. Lockyer
Verschiebungen beobachtet, welche einer Geschwindigkeit des
von 8 bis 9 Meilen in der Secunde entspricht.

Während das Spectroskop für eine bestimmte Stelle des
randes einen sich der Erde nähernden Gasstrom anzeigte, erg
dass an einer 340 Meilen davon entfernten Stelle des Sonnenrand
sich mit gleicher Geschwindigkeit von der Erde entfernender Gas
herrschte, man hatte es also hier offenbar mit einem gewaltigen
belsturm (Cyclone) von 340 Meilen Durchmesser zu thun.

**136** **Geschwindigkeit des Lichtes.** Vergeblich hatten die
glieder der florentinischen Akademie durch Versuche auf der Erd
Geschwindigkeit des Lichtes zu ermitteln versucht. Erst dem däni
Astronomen Römer gelang es durch seine fleissigen Beobachtunge
Jupiterstrabanten, die er in den Jahren 1675 und 1676 mit Cassini
Aelteren auf der Sternwarte zu Paris anstellte, dieselbe zu bestimm

Auf Seite 199 sind bereits die Verfinsterungen der Jupiterstrab
besprochen worden. Die Geschwindigkeit, mit welcher sich das Lic
Weltraume fortpflanzt, ergiebt sich in folgender Weise aus einer ge
Beobachtung der Momente des Eintritts oder des Austritts der Trab
in oder aus dem Schatten des Jupiter.

In Fig. 206 stelle $S$ die Sonne, der um $S$ gezogene Kreis die
bahn und $T$ den Jupiter mit der Bahn eines seiner Trabanten

**rend** sich die Erde von *o* bis *k* bewegt, also während der Zeit zwi- der Opposition des Jupiter und der nächsten Conjunction können von der Erde aus sehen, wie die Trabanten auf der Ostseite des ttens aus demselben austreten; während der Zeit zwischen der Con- tion aber bis zur nächsten Opposition können wir die Eintritte des anten in den Jupitersschatten beobachten; während dieser Zeit n wir den Trabanten westlich vom Jupiter verschwinden.

Ermittelt man die Zeit, welche zwischen zwei auf einander folgenden stritten eines und desselben Trabanten, etwa des ersten, vergeht, so let man sie in verschiedenen Perioden nicht gleich. Während der positionsperiode, also wenn die Erde in der Nähe von *o* steht, oder rend der Conjunctionsperiode, wenn also die Erde in der Nähe von eht, ergiebt sich die Zeit, welche zwischen zwei auf einander folgenden tritten oder zwei auf einander folgenden Eintritten vergeht, **kürzer**,

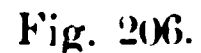
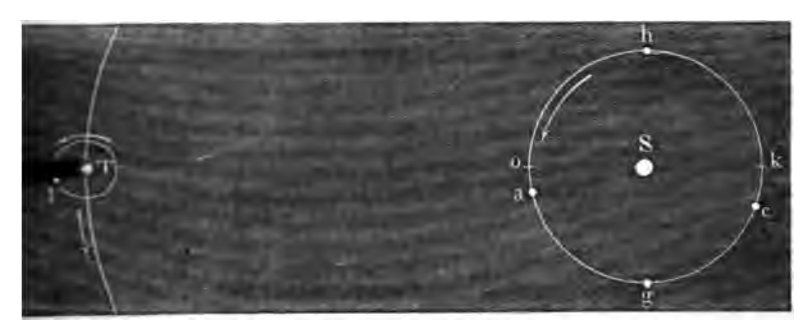


Fig. 206.




ur Zeit der ersten Quadratur, wenn die Erde bei *g*, und **länger**, als Zeit der zweiten Quadratur, wenn die Erde in der Nähe von *h* steht.

Dies ist nun eine Folge davon, dass sich das Licht nicht momentan flanzt, sondern dass es zur Durchlaufung grösserer Räume eine mess- Zeit gebraucht.

Zur Zeit der Opposition oder Conjunction bewegt sich die Erde in ehung auf den Jupiter in einer Weise, dass sie sich demselben weder lich nähert noch sich von demselben entfernt; in diesen Perioden lso die zwischen zwei auf einander folgenden Ein- oder Austritten ehende Zeit nahezu die Umlaufszeit des Trabanten um den Jupiter.

In der Nähe der Quadratur *g* entfernt sich die Erde in gerader e von dem Jupiter und die zwischen zwei auf einander folgenden achteten Austritten vergehende Zeit ist also gleich der Umlaufszeit Trabanten + der Zeit, welche das Licht zur Durchlaufung des Weges raucht, um welchen sich unterdessen die Erde vom Jupiter entfernt hat.

Zur Zeit derjenigen Quadratur, in welcher man die Eintritte der banten in den Jupitersschatten sehen kann, also wenn sich die Erde efähr in *h* befindet, nähert sie sich fast in gerader Linie dem Jupiter,

und demnach ist die Zeit, welche zwischen den beiden Momenten gebt, in welchen man während dieser Periode zwei aufeinander folg Eintritte beobachtet, gleich der Umlaufszeit des Trabanten — der welche das Licht zum Durchlaufen des Weges gebraucht, um wel sich während dieses Umlaufs die Erde dem Jupiter genähert hat.

Ein Beispiel mag dies erläutern.

Im Jahre 1851 wurde alsbald nach der Opposition ein Austrit ersten Trabanten beobachtet am 11. April 15$^h$ 6′ 36,3″; der nächst 13. April 9$^h$ 35′ 3,0″. Zieht man die erstere Zeit von der letztere so ergiebt sich für die Umlaufszeit des ersten Trabanten

42 Stunden 28′ 26,7″.

Zur Zeit der nächsten Quadratur wurde ein Austritt beobacht 14. Juli 10$^h$ 21′ 50,3″ und ein anderer, und zwar von diesem an g net der neunte, am 30. Juli 8$^h$ 39′ 42″. Zieht man die erstere Zei der letzteren ab und dividirt man durch 9, so ergiebt sich für di schen zwei auf einander folgenden Austritten liegende Zeit

42 Stunden 28′ 39″.

Zieht man davon die Umlaufszeit ab, wie sie aus den Aprilbeobacht abgeleitet wurde, so ergiebt sich 12,3 Secunden als die Zeit, welc Licht gebraucht, um den Raum zu durchlaufen, um welchen sich i Periode der Quadratur die Erde von dem Jupiter entfernt, währe erste Trabant einen Umlauf vollendet.

In einer Secunde geht die Erde in ihrer Bahn um 4 geograp Meilen vorwärts; während 42½ Stunden, der Umlaufszeit des Trabanten, durchläuft sie also einen Raum von 612000 Meilen, u sen Raum durchläuft das Licht in 12,3 Secunden, in 1 Secunde also Weg von 49700 Meilen.

Dies Resultat ist jedoch nicht genau, wie sich denn überh der angegebenen Weise aus einzelnen Beobachtungen deshalb kei naueren Resultate ziehen lassen, weil die Trabanten nicht immer durch die Mitte des Jupitersschatten gehen und deshalb die Au Eintritte bald etwas früher, bald etwas später erfolgen, als wenn d banten stets an derselben Stelle den Jupitersschatten passirten.

Die genaue Umlaufszeit der Trabanten kann nur aus einer gr Reihe von Beobachtungen mit Genauigkeit ermittelt werden. Sie den ersten Trabanten 42 Stunden 28′ 35″.

Kennt man einmal die Umlaufszeit des Trabanten, kennt man den Moment, in welchem kurz nach der Opposition, als sich et Erde in $a$ befand, ein Austritt desselben beobachtet wurde, so kan berechnen, in welchem Momente, von dem erwähnten an gerechn 100ste Austritt desselben Trabanten beobachtet werden müsste, gesetzt, dass sich das Licht momentan fortpflanzte. (Bei dieser I nung darf aber natürlich die Fortbewegung des Jupiter und als die Veränderung in der Lage seines Schattens nicht unberücks bleiben.) Während dieser 100 Umläufe hat sich aber die Erde ur

s c fortbewegt, und wenn man nun den Austritt beobachten will, so ndet man, dass derselbe später, und zwar ungefähr um 15 Minuten ch dem berechneten Moment stattfindet. Die Zeit nun, welche zwischen dem berechneten Moment und dem Zeitpunkte vergeht, in welchem r Austritt wirklich beobachtet wird, ist die Zeit, welche das Licht nöthig hat, um die Entfernung zu durchlaufen, um welche die Erde jetzt, sie sich in c befindet, weiter von dem Jupiter absteht, als da sie noch a war.

Man findet nun die Geschwindigkeit des Lichtes, wenn man die fferenz der Entfernungen durch beobachtete Verspätung dividirt. Es giebt sich auf diese Weise, dass das Licht in einer Secunde ungefähr en Weg von 42 000 Meilen zurücklegt, und dass es, um von der Sonne r Erde zu gelangen, 8′ 13″ bedarf.

Auf der anderen Hälfte der Erdbahn, zwischen einer Conjunction d der nächsten Opposition werden die Eintritte vor den Momenten treten, welche man in obiger Weise von einem Eintritt unmittelbar ch der Conjunction ausgehend berechnet hat.

Bereits auf Seite 288 haben wir die Entfernung derjenigen Sterne nen gelernt, welche uns am nächsten sind; da wir nun auch die Geschwindigkeit kennen, mit welcher sich das Licht im Weltraume fortpflanzt, so lässt sich leicht berechnen, welche Zeit das Licht gebraucht, von einem dieser uns zunächst gelegenen Fixsterne auf die Erde zu langen. Es ergiebt sich für

| | | | |
|---|---|---|---|
| α Centauri . . . | 3,5 Jahre | Wega . . . . . . | 15,3 Jahre |
| 61 cygni . . . . | 8,7 „ | Arcturus . . . . | 24,3 „ |
| Sirius . . . . . . | 14,1 „ | | |

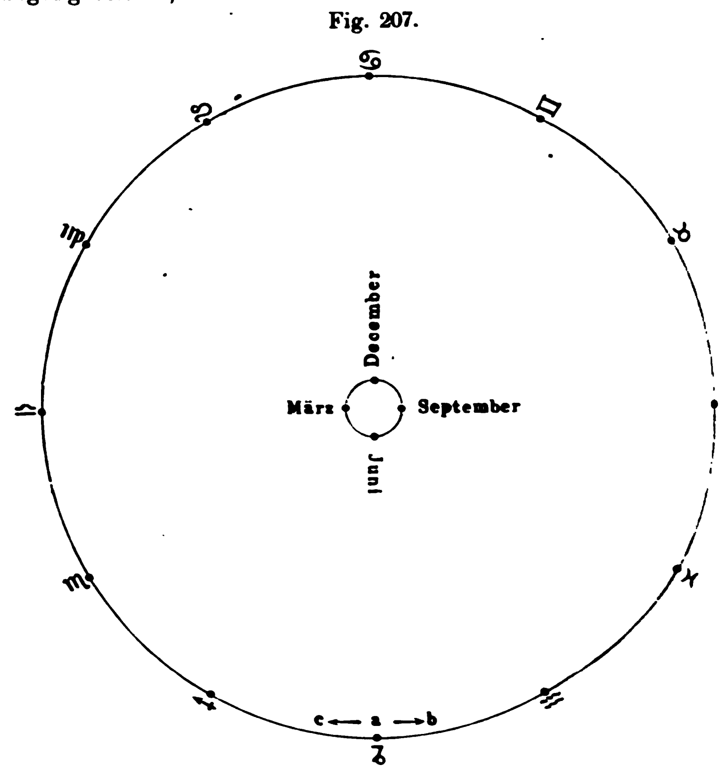
Wenn also plötzlich das Licht des Arcturus verlöschen würde, so rden wir ihn doch noch 24 Jahre nach diesem Ereigniss am Himmel nzen sehen.

**Aberration des Lichts.** In der Absicht, eine Parallaxe der 137 sterne aufzufinden, hatte Bradley im Jahre 1725 eine Reihe genauer sternbeobachtungen begonnen. Vorzüglich war es der Stern γ im pfe des Drachen, den er mehrere Jahre hindurch mit grosser Aufrksamkeit verfolgte. Er fand bald, dass weder die Länge noch die ite dieses Sternes unverändert blieb. Im Juni, zur Zeit der Opposion mit der Sonne, war seine Länge stets am grössten, im December gegen, also zur Zeit der Conjunction, war sie am kleinsten; die Differs der grössten und kleinsten Länge betrug 40,5 Secunden; kurz, der rn beschrieb während eines Jahres am Himmel eine kleine Ellipse, ren grosse Axe, mit der Ekliptik parallel, 40,5 Secunden betrug.

Eine ganz ähnliche, scheinbare Bewegung fand sich nun bei allen deren Fixsternen. Für alle war die grosse Axe der Ellipse mit der lliptik parallel, und hatte stets die gleiche Grösse von 40,5 Secunden;

für die Sterne, die in der Nähe des Pols der Ekliptik liegen, ist die f
liche Bewegung fast kreisförmig, während dagegen die kleine Ax
Ellipse um so kleiner wird, je näher die Sterne der Ekliptik stehen;
wird endlich Null für die Sterne, die auf der Ekliptik selbst liegen, d
haben also bloss eine in der Ebene der Ekliptik hin- und hergeh
Bewegung von 40,5″.

Fig. 207.




Bradley erkannte richtig als Ursache dieser Erscheinung
mit dem Namen der Aberration bezeichnete, das Zusammenwir
Geschwindigkeiten des Lichts und der Erde. Um die Sache ans
zu machen, wollen wir einen Stern betrachten, der ungefähr gleich
mit $\gamma$ draconis hat, aber auf der Ekliptik selbst liegt, also den I
Fig. 207.

In dieser Figur bezeichnet nämlich der kleine Kreis die E
der grössere concentrische den Thierkreis, gegen dessen Durchme
Durchmesser der Erdbahn freilich verschwindend klein sein soll
Juni wird nun der in *a* befindliche Stern durch die Aberration
in der Richtung nach *b* hin, im December wird er eben so weit
Richtung nach *c* hin verrückt erscheinen.

aus geht nun zunächst hervor, dass man es hier nicht mit einer der Parallaxe zu thun hat. In Folge der Parallaxe nämlich, e solche merklich wäre, müsste unser Stern im März seine grösste, mber seine kleinste, im Juni und December dagegen seine mittge haben.

en wir nun zur Erklärung der Erscheinung über. Im März ich die Erde gerade gegen den Punkt $a$ hin, im September entsich in gerader Linie von demselben, in dieser Zeit wird man Stern an seinem wahren Orte erblicken; im Juni und December macht die Erdbahn gerade einen rechten Winkel mit den von $a$ zu ihr kommenden Lichtstrahlen. Stellt nun $op$, Fig. 208, die Geschwindigkeit der Erde, $ro$ die Geschwindigkeit der eben rechtwinklig auf ihre Bahn treffenden Lichtstrahlen dar, so combiniren sich die beiden Geschwindigkeiten offenbar in der Weise, dass der Eindruck auf das Auge in $o$ derselbe ist, als ob bei ruhender Erde die Lichtstrahlen in der Richtung $os$ gekommen wären, kurz das Auge sieht den Stern $a$ in $b$.

208.

p

s

b

Nun ist der Winkel $ros = 20{,}25''$, $op$ die Geschwindigkeit der Erde gleich 4,14 Meilen, es ist also

$$ro = \frac{rs}{tang.\ 20{,}25''} = \frac{op}{0{,}0001} = \frac{4{,}14}{0{,}0001},$$

also die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes 41 400 Meilen in der Secunde. Die nahe Uebereinstimmung dieses Resultates mit den Werthen, die wir im Paragraphen für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes rnten, liefert uns einen Beweis für die Richtigkeit des Princips, em die Aberrationserscheinung erklärt worden ist.

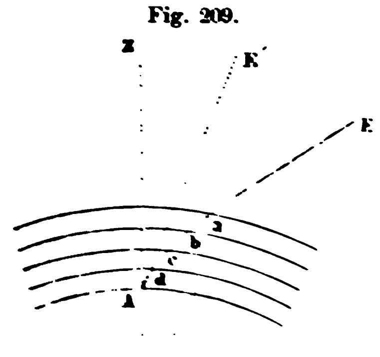
Winkel von 20,25″, um welchen ein Fixstern nach der Richtung ıoben erscheint, in welcher sich gerade die Erde bewegt, wenn Sterne kommenden Strahlen rechtwinklig auf die Erdbahn fallen, Aberrationswinkel. Der Stern, welcher im Pol der Eklipsendet seine Strahlen rechtwinklig auf alle Punkte der Erdbahn, lso von seinem wahren Orte stets um 20,25″ verrückt erscheinen, immer in der Richtung, mit welcher sich gerade die Erde beser Stern muss also am Himmel im Laufe eines Jahres einen reis von 20,25″ Halbmesser um seinen wahren Ort beschreiben.

## Zweites Capitel.

# Atmosphärische Lichterscheinung

136 **Atmosphärische Refraction.** Wenn von irgend ein stirne ein Lichtstrahl auf die Atmosphäre unserer Erde trifft, so den bekannten Brechungsgesetzen zufolge, von seiner ursprü Richtung abgelenkt; diese Ablenkung nimmt aber continuirlich zu der Lichtstrahl allmälig i dichtere Luftschichten ei und so kommt es, dass ders dem Wege durch die Atm bis zur Erdoberfläche eine Linie beschreibt.

Fig. 209.




Um den ganzen Vorg atmosphärischen Refractio übersehen zu können, wo annehmen, die ganze Atm sei in eine Reihe conce Schichten getheilt, von de ihrer ganzen Ausdehnung gleichförmige Dichtigkeit aber dichter ist als die nächs und weniger dicht als di tiefere. Trifft nun ein Li $E a$, Fig. 209, auf die oberst der Atmosphäre, so wird e Weise abgelenkt, dass er d fallsloth a o genähert wird,

ste Schicht in der Richtung $ab$ durchlaufen; in $b$ auf eine dichtere
icht treffend, erleidet der Strahl eine zweite Ablenkung in dem-
Sinne u. s. w. und kommt endlich auf der Oberfläche der Erde
n, nachdem er die unterste Schicht der Atmosphäre in der Rich-
$A$ durchlaufen hat. In der Wirklichkeit ist aber nun $abcdA$ keine
ene Linie, sondern eine continuirliche Curve. Ein Beobachter,
sich in $A$ befindet, wird offenbar denselben Eindruck haben, als
Gestirn, von welchem der Lichtstrahl ausgeht, sich in der Richtung
$A$ an die Curve gelegten Tangente $AE'$ befände. Durch den
der atmosphärischen Refraction erscheinen also alle Gestirne dem
näher gerückt, sie scheinen höher über dem Horizonte zu stehen,
irklich der Fall ist.

mit einem Höhenkreise gemachten Messungen geben uns also
egs die wahren Werthe der Zenithdistanz der Gestirne, sondern
h die atmosphärische Refraction verminderte Zenithdistanz; um
wahren Ort eines Gestirnes am Himmelsgewölbe zu bestimmen,
n die Grösse der atmosphärischen Refraction kennen und dieselbe
nung bringen.

der verhältnissmässig geringen Höhe der Atmosphäre kann man
rklichen Fehler für alle Gestirne, welche mehr als 15° über dem
te stehen, von der Krümmung der Atmosphäre abstrahiren und
us lauter horizontalen Schichten bestehend betrachten. Mit Hülfe
Annahme lässt sich nun leicht die Grösse der atmosphärischen
on berechnen.

Fig. 210.



Die Physik lehrt uns, dass, wenn ein Lichtstrahl der Reihe nach verschiedene Schichten durchläuft, deren Gränzflächen sämmtlich einander parallel sind, er in der letzten Schicht genau denselben Weg durchläuft, als ob alle Zwischenschichten fehlten und der Lichtstrahl in seiner ursprünglichen Richtung gleich auf diese letzte Schicht gefallen wäre, wie dies Fig. 210 erläutert. Die Rich-
welcher das Licht eines Sternes unser Auge trifft, wird also die-
n, als ob seine Strahlen unmittelbar aus dem luftleeren Himmels-
uf eine Atmosphäre getroffen wären, deren Dichtigkeit so gross
lie Dichtigkeit der Luft, in der wir uns gerade befinden.

m Uebergang eines Lichtstrahles aus dem leeren Raume in Luft
und einem Barometerstand von 760 Millim. ist der Brechungs-
t 1 000 294 (Lehrbuch der Physik, 7. Aufl., 1. Band, Seite 556);
en wir also die wahre Zenithdistanz mit $z$, die durch die atmo-

sphärische Refraction verkleinerte oder die scheinbare Zenithdistanz
$z'$, so ist:

$$sin. z = 1{,}000294\ sin. z'.$$

Der Brechungsexponent der Luft ändert sich aber mit dem B
meterstande, der Temperatur u. s. w. Für einen Barometerstand
760 Millim. und eine Temperatur von 10° C. ist er 1,00028; für di
Werth des Brechungsexponenten der Luft enthält die folgende Ta
für die scheinbaren Zenithdistanzen von 5 zu 5 Grad die entsprech
Werthe der atmosphärischen Refraction, d. h. den Winkel, um wel
die wahre Zenithdistanz grösser ist als die scheinbare. Ausserdem
noch die Refraction für 87° und 89° beigefügt worden, um zu se
wie rasch dieselbe gegen den Horizont hin zunimmt.

| Scheinbare Zenithdistanz. | Atmosphärische Refraction. | Scheinbare Zenithdistanz. | Atmosphärische Refraction. |
|---|---|---|---|
| 5° | 5,1″ | 55° | 1′ 23,1″ |
| 10 | 10,3 | 60 | 1 40,6 |
| 15 | 15,6 | 65 | 2 4,3 |
| 20 | 21,2 | 70 | 2 38,8 |
| 25 | 27,2 | 75 | 3 34,3 |
| 30 | 33,6 | 80 | 5 19,8 |
| 35 | 40,8 | 85 | 9 54,3 |
| 40 | 48,9 | 87 | 14 28,1 |
| 45 | 58,2 | 89 | 24 21,2 |
| 50 | 1′ 9,3 | 90 | 33 46,3 |

Da sich die Grösse der atmosphärischen Brechung mit dem
meterstande der Temperatur und dem Feuchtigkeitszustande der
ändert, so muss man an den in obiger Tabelle enthaltenen Werthen
eine den veränderten Umständen entsprechende Correction anbri
auf deren nähere Besprechung wir aber hier nicht eingehen können

In Folge der atmosphärischen Refraction sehen wir auch die
noch vollständig über dem Horizonte, wenn der untere Rand der
in der That schon 33′ unter denselben hinabgesunken ist; durch
Atmosphäre bleibt uns also des Abends die Sonne über zwei Zeitmi
länger sichtbar, als es ohne die Atmosphäre der Fall sein würde
ebenso findet der scheinbare Sonnenaufgang um mehr als 2 Mi
früher Statt als der wahre. Dies erklärt nun auch, dass man bei
Mondfinsterniss Sonne und Mond zugleich über dem Horizonte

man, wie es in der That der Fall ist, wenn die Mondfinsterniss zur Zeit es Sonnenaufganges oder des Sonnenunterganges stattfindet.

**Das Funkeln der Sterne.** Gewöhnlich erscheint uns das Licht 137 r Fixsterne nicht ruhig, sondern es scheint von Zeit zu Zeit, und zwar echselnd mit grüner, blauer oder rother Farbe aufzublitzen. Diese ändige Veränderung im Lichte der Fixsterne ist es, welche man Funn oder auch Scintillation nennt.

Die mit blossem Auge sichtbaren Planeten zeichnen sich vor den sternen durch ein sehr ruhiges Licht aus; sie zeigen das Phänomen s Funkelns entweder gar nicht oder doch weit schwächer.

Eine Erklärung dieses eigenthümlichen Phänomens, welches wesentlh dazu beiträgt, die Schönheit des gestirnten Himmels zu erhöhen, hat s Arago gegeben. Für die Bewohner der Erde sind die Fixsterne r als leuchtende Punkte zu betrachten. Zwei homogene Lichtstrahlen, lche gleichzeitig von dem Sterne ausgehend in das Auge des Beobachs gelangen, werden aber, so nahe sie auch einander sein mögen, bei rem Durchgange durch die Atmosphäre nicht immer gleiche Verzögegen erleiden, indem die geringsten Differenzen in der Dichtigkeit der rchlaufenen Luftschichten schon einen namhaften Gangunterschied der iden Strahlen bewirken können. Weil aber ein beständiger Wechsel r Temperatur, des Druckes und der Feuchtigkeit in der Luft stattfindet, wird auch die Grösse dieses Gangunterschiedes fortwährenden Schwangen unterworfen sein, und so kommt es denn, dass zwei solche Strah, auf der Netzhaut des Auges vereinigt, sich entweder gegenseitig in er Wirkung unterstützen (wenn der Gangunterschied Null ist oder ein rades Vielfaches einer halben Wellenlänge beträgt) oder sich gegentig aufheben (wenn der Gangunterschied einem ungeraden Vielfachen er halben Wellenlänge gleich ist). Auf diese Weise wird also das ht des Sternes bald stärker, bald schwächer erscheinen und dieser echsel kann mit grosser Geschwindigkeit vor sich gehen.

Wir haben bisher angenommen, dass der Stern nur homogenes, einbiges Licht, also etwa nur rothes oder nur blaues aussende. Dies ist r in der That nicht der Fall, da das Licht der Fixsterne weiss, also s verschiedenfarbigen Strahlen zusammengesetzt ist. Da nun die llenlänge der verschiedenfarbigen Strahlen nicht gleich ist, so wird er sonst gleichen Umständen der Gangunterschied der rothen Strahlen n anderer sein müssen, als der der grünen, blauen u. s. w. In demselben genblicke, wo die rothen Strahlen sich fast aufheben, können also die uen gerade so interferiren, dass sie sich gegenseitig verstärken, und i nächsten Moment wird dann wieder ein Aufblitzen des rothen Lichtes ttfinden, während die blauen und grünen Strahlen fast erloschen erheinen.

Während die Fixsterne, selbst durch die stärksten Fernrohre beachtet, noch keine merklichen Dimensionen zeigen, haben die Planeten,

durch Fernrohre betrachtet, einen namhaften Durchmesser; ein Pl
kann demnach als ein Aggregat einfacher leuchtender Punkte betra
werden. Jeder dieser Punkte für sich allein wird sich nun wie ein
stern verhalten, und er würde funkeln wie ein Fixstern, wenn er i
wäre. Da aber nicht alle leuchtenden Punkte, welche die Scheib
Planeten bilden, gleichzeitig auf gleiche Weise funkeln, so wird das
keln des einen Punktes im Allgemeinen das des anderen neutrali
und so kommt es denn, dass die Planeten sich durch ein ruhiges
auszeichnen.

Man hat bemerkt, dass sich das Funkeln der Sterne dann beso
stark zeigt, wenn die Luft längere Zeit hindurch trocken war un
nun mehr Wasserdampf in derselben zu verbreiten beginnt, so da
auffallend lebhaftes Funkeln der Sterne den Seeleuten als ein Z
bald eintretenden Regens gilt.

Zwischen den Wendekreisen, wo die Luft oft eine bewunderns
Ruhe und Klarheit zeigt, ist das Funkeln der Sterne bei Weitem
so auffallend und lebhaft als in höheren Breiten.

138 **Unvollkommene Durchsichtigkeit der Luft.** Gew
die atmosphärische Luft ungemein durchsichtig im Vergleich geg
uns bekannten festen und flüssigen Körper und dennoch ist sie, w
die alltäglichsten Erscheinungen lehren, keineswegs vollkommen
sichtig. Entfernte Gegenstände erscheinen uns nicht nur unter kle
Gesichtswinkel, ihre Färbung erscheint matter, die Contraste zw
Schatten und Licht sind schwächer; kurz, je entfernter ein Gege
ist, desto mehr scheint er uns mit einem milchigen, blassblauen S
überzogen, wie man namentlich an entfernten Bergen es deutlich
Man bezeichnet diese Wirkung der unvollständigen Durchsichtigk
Luft mit dem Namen der Luftperspective.

Um ein Maass für die Schwächung des Lichtes durch die Atm
zu erhalten, construirte Saussure eine Vorrichtung, welche er Di
nometer nannte. Diese Vorrichtung besteht aus zwei weissen Sc
von denen die eine ungefähr 6 Fuss, die andere 6 Zoll im Durch
hat; in der Mitte der grösseren Scheibe ist ein schwarzer Kr
24 Zoll, auf der anderen ein solcher von 2 Zoll gemalt. Beide S
werden neben einander aufgestellt, und zwar so, dass sie nach ei
derselben Seite gekehrt und vollkommen gleich beleuchtet sind. E
man sich nun allmälig, so kommt man bald zu einem Punkte, in w
der kleine schwarze Kreis dem Auge verschwindet, und wenn m
dann noch weiter von den Scheiben entfernt, so gelangt man
auch dahin, dass der grössere schwarze Kreis auch nicht meh
bar ist.

Misst man nun die Entfernungen der Scheibe von den Punk
welchen der kleine und der grosse Kreis verschwindet, so finde
dass sie keineswegs den Durchmessern der Kreise proportional si

n müsste, wenn die Luft vollkommen durchsichtig und das Vernden der schwarzen Kreise nur durch die Kleinheit des Gesichtsls bedingt wäre.

Bei einem derartigen Versuche verschwand z. B. der kleine Kreis er Entfernung von 314 Fuss, der grosse aber nicht in zwölffacher rnung, sondern schon bei einem Abstande von 3588 Fuss. Die ı Abstände verhalten sich wie 1 zu 11,427; die kleine schwarze e verschwand unter einem Gesichtswinkel von 1′ 49″, die grosse unter einem Gesichtswinkel von 1′ 55″.

Dass der grössere schwarze Kreis schon verschwindet, bevor der nkel auf die Grösse herabgesunken ist, bei welcher der kleine Kreis t, dem blossen Auge sichtbar zu sein, rührt nur daher, dass bei rer Entfernung in Folge der durch die Atmosphäre bewirkten bsorption der Contrast der schwarzen Scheibe und des weissen es geringer wird.

n grösseren Höhen über dem Meeresspiegel ist begreiflicher Weise ıft durchsichtiger als in der Tiefe, wie dies auch vergleichende Verdarthun, welche H. Schlagintweit in den Alpen anstellte (Pogg. LXXXIV, 1851). Der kleine schwarze Kreis des Schlagintweit'- Diaphanometers hatte 1 Zoll, der grössere hatte 12 Zoll im Durchr. An sehr günstigen reinen Tagen fand er für den Quotienten eiden Entfernungen, in welchen die kleine und grosse Scheibe verıden, den Werth

10,279 in einer Höhe von 2300′ über dem Meere, und
11,957 „ „ „ „ 12000′ „ „ „

Man sieht, wie sich dieser Quotient für grössere Höhen seinem Gränz- weit mehr nähert, als es für tiefer liegende Orte der Fall ist.

Die Durchsichtigkeit der Luft ist aber selbst für einen und den- Ort von sehr veränderlicher Grösse. Während man z. B. bei durchger Luft von den Höhen des Schwarzwaldes aus die schneebedeckte kette in grosser Klarheit und mit scharfen Umrissen erblickt, ist e an anderen Tagen oft bei ganz wolkenfreiem Himmel vollkommen tbar.

m Allgemeinen sind die sonnigsten, wolkenfreiesten Tage keinesdiejenigen, an welchen die Luft besonders durchsichtig ist; im Geil hat man bei anhaltend guter Witterung selten eine klare Fernund man kann es fast stets als ein Zeichen bald eintretenden s betrachten, wenn ferne Berge sehr klar erscheinen. Die Luft t, wenigstens in unseren Klimaten, ihre grösste Durchsichtigkeit, nach lang anhaltendem Regen oder auch nach einem Gewitter eine Aufheiterung des Himmels erfolgt, die aber dann selten von ist.

ı den Aequatorialgegenden ist die Luft bei weitem durchsichtiger unseren Gegenden, so dass man dort kleinere Sterne deutlich

mit blossem Auge unterscheiden kann, die bei uns stets unsichtbar bl
So unterschied Humboldt an der Küste von Cumana und au
12000 Fuss hohen Ebenen der Cordilleren mit unbewaffnetem
vollkommen deutlich das Sternchen Alcor (auch das Reiterchen ge
welches ganz in der Nähe des Sternes Mizar im Schwanze des G
Bären steht, obgleich dieses Sternbild in Südamerika nicht so hoc
dem Horizonte steht, wie bei uns, wo man es nur selten und dan
mit grosser Bestimmtheit von dem benachbarten Mizar getrennt
kennen im Stande ist.

In der Nähe von Quito sah Humboldt mit unbewaffnete
auf eine Entfernung von vier deutschen Meilen einen weissen, 
den schwarzen basaltischen Wänden hinbewegenden Punkt, den e
das Fernrohr als seinen in einen weissen Mantel gehüllten Reiseg
Bonpland erkannte.

Sehr durchsichtig ist auch die trockene Luft der Binnenlände
in höheren Breiten, so namentlich in Persien, dem Himalay
Sibirien.

Als Ursache der geringeren Durchsichtigkeit der Luft bei t
Witterung betrachtet A. de la Rive das Vorhandensein von 
sichtigem Staub und Pflanzenkeimen in derselben. Wird dann
beim Einfallen südwestlicher Winde feuchter, so werden diese Kö
durch Absorption des Wasserdampfes durchsichtiger und zugleich s
so dass sie schneller zu Boden fallen, was bei beginnendem Reg
vollständiger erfolgt. Maréchal Vaillant dagegen sucht de
sächlichsten Grund der verschiedenen Durchsichtigkeitsgrade 
darin, dass beim Wehen der südwestlichen Winde die Temper
Boden und Luft viel gleichartiger und deshalb die Unruhe 
durch aufsteigende und niedersinkende Luftströmungen weit
sei als bei Nordostwinden. Unruhige Luft ist aber undurch
weil an den Gränzen wärmerer und kälterer Luftschichten vielf
flexionen und unregelmässige Brechungen stattfinden.

139 **Der Durchsichtigkeits-Coëfficient.** Ein richtige
über die Grösse der Lichtabsorption in der Luft erhält man 
durch die Bestimmung des Durchsichtigkeits-Coëfficient
durch Bestimmung des Bruchtheils des einfallenden Lichtes,
durch eine Luftschicht von der Länge 1 hindurchgeht. Die Be
dieses Coëfficienten aus den mit dem Diaphanometer gemachten
gen stützen sich auf die Voraussetzung, dass die Erscheinung 
sentlich geändert würde, wenn die Scheiben aus weissen Kr
schwarzem Grunde beständen und dass in diesem Falle die bei
schieden grossen weissen Flecke im Momente, wo sie verschwinde
viel Licht ins Auge senden.

Es sei nun i die Lichtmenge, welche die kleine Scheibe i

…den würde, wenn sie in der Entfernung 1 aufgestellt wäre und wenn …e Lichtabsorption in der Luft stattfände, so ist

$$l = \frac{i}{e^2} a^e \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 1)$$

… Lichtmenge, welche von derselben Scheibe ins Auge gelangt, wenn …in der Entfernung $e$ aufgestellt ist, und wenn $a$ den Durchsichtigkeits-…fficienten bezeichnet. Ist $d$ der Durchmesser der kleinen, $D$ aber … der grossen Scheibe, so ist die Lichtmenge $L$, welche die grosse …eibe (bei gleicher Beleuchtung) aus der Entfernung $E$ ins Auge …det:

$$L = \frac{D^2 i}{d^2 E^2} a^E \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 2)$$

Sind nun $e$ und $E$ die Entfernungen, für welche der kleine und der …se Fleck eben verschwinden, so sendet die grosse Scheibe aus der …fernung $E$ eben so viel Licht ins Auge, wie die kleine aus der Ent-…ung $e$, es ist also für diesen Fall $l = L$ oder

$$\frac{i}{e^2} a^e = \frac{D^2 i}{d^2 E^2} a^E$$

$$\frac{a^E}{a^e} = \frac{d^2 E^2}{D^2 e^2}$$

… daraus

$$a = \left(\frac{d \,.\, E}{D \,.\, e}\right)^{\frac{2}{E-e}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 3)$$

… den oben erwähnten, von Schlagintweit angestellten Versuchen … $D = 12d$. In einer Höhe von 12000′ fand er $e = 230$, $E = 2750$ … danach

$$a = \left(\frac{2{,}75}{12 \,.\, 0{,}23}\right)^{\frac{2}{2{,}52}} = 0{,}9971,$$

… man eine Länge von 1000 Fuss zur Längeneinheit wählt. Aus …in einer Höhe von 2300′ angestellten Versuchen ergiebt sich nach …r Formel

$$a = 0{,}9029.$$

Bei Ableitung dieser Formel ist stillschweigend angenommen, dass …Pupillenöffnung des Auges bei der Beobachtung der grossen Scheibe … so gross sei, wie bei der Beobachtung der kleinen. Es ist aber …nnt, dass sich die Pupille beim Accommodiren auf nahe Gegenstände …engert. Mit Berücksichtigung dieses geht die Gleichung 3) über in

$$a = \left(\frac{d \,.\, E \,.\, p}{D \,.\, e \,.\, P}\right)^{\frac{2}{E-e}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 4)$$

wenn $p$ den Durchmesser der Pupillenöffnung bei Beobachtung der na
$P$ aber denselben bei Beobachtung der entfernteren Scheibe bezeich
Wild, welcher zuerst auf diesen Punkt aufmerksam gemacht hat (P
Ann. CXXXIV, 1868) fand, dass sich der Durchmesser der Pupi
öffnung für die fragliche Distanzveränderung ungefähr im Verhält
von 24 zu 30 ändert, dass also in unserem Falle $\frac{p}{P} = \frac{24}{30} = 0{,}8$
Berechnet man den Durchsichtigkeitscoëfficienten aus den von Schl
intweit in einer Höhe von 2300 Fuss angestellten Beobachtungen
Gleichung 4), so erhält man

$$a = 0{,}7225$$

statt des oben angeführten Werthes $a = 0{,}9029$. Der Einfluss der
pillenöffnung ist also ein sehr bedeutender.

Ausser dem oben erwähnten Umstande werden aber die nach
Beobachtungen mit dem Saussure'schen Diaphanometer berechn
Werthe von $a$ auch noch dadurch unsicher, dass eine vollkommen gl
Beleuchtung der beiden Scheiben, welche bei der Construction der Fo
stillschweigend vorausgesetzt wurde, schwer zu realisiren ist. Es
durfte also zuverlässigerer Methoden, um den Durchsichtigkeitsc
cienten der Luft mit grösserer Genauigkeit zu bestimmen, wie di
der That durch die Beobachtungen von De la Rive und Wild
schehen ist.

## 140 Methoden und Messungen von De la Rive und W

Um Versuche über die Durchsichtigkeit der Luft anzustellen, hat I
Rive einen Apparat construirt, von welchem die Annales de chim
de physique (4. Ser., t. XII, 1867) eine kurze Beschreibung enth
Eine ausführlichere Beschreibung mit Abbildung und den mit e
solchen Instrumente erhaltenen Resultaten soll demnächst veröffen
werden. Im Wesentlichen besteht das Instrument aus zwei Fernr
mit gemeinschaftlichem Ocular.

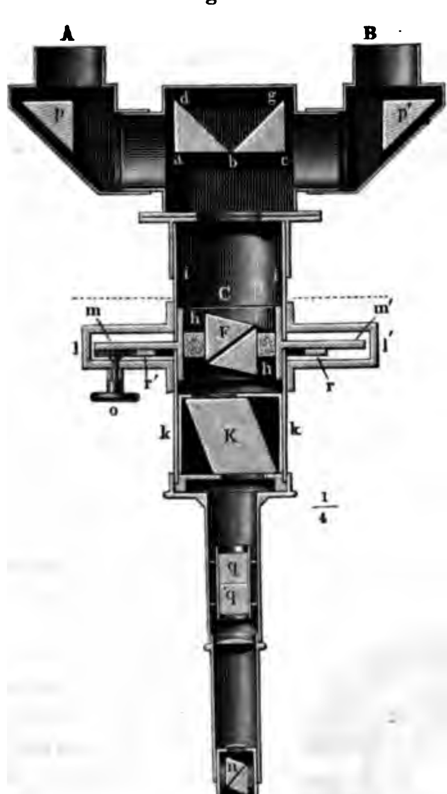
Jedes Objectiv giebt sein Bild in der einen Hälfte des Gesichtsf
des Oculars, so dass man die Bilder der Gegenstände, auf welch
beiden Fernrohre gerichtet sind, dicht neben einander erblickt.
Winkel, welchen die Axen der beiden Rohre mit einander machen,
von 0° bis 29° variirt werden. Die durch jedes Objectiv eintrete
Strahlen werden durch zwei totale Reflexionen dem Ocular zugeführ

Als Vergleichsobjecte dienen zwei gleiche mit weisser Leinwand
mit Papier überzogene Schirme, welche in passender Weise, mög
gleich beleuchtet, in verschiedenen Entfernungen aufgestellt, und auf w
dann die beiden Fernrohre gerichtet werden. Von diesen beiden I
erblickt man nun, in das Ocular hineinschauend, unmittelbar neben
ander zwei Bilder, von welchen das der entfernteren Scheibe I
schwächer erscheinen wird. Um die Helligkeit der beiden Bilder g
zu machen, wird vor das auf die nähere Scheibe gerichtete Objecti

gma mit veränderlicher Oeffnung gesetzt und diese verkleinert e Bilder gleich hell erscheinen. Aus dem Verhältniss der beiden öffnungen kann man dann auf das Verhältniss der Helligkeit der Miren schliessen.

r Wild'sche Apparat ist in Fig. 211 abgebildet, und zwar mit lassung mancher Constructionsdetails und solcher Einrichtungen, zu anderen Zwecken dienend, hier unnöthig sind. Das Licht,

Fig. 211.




von der einen der zu vergleichenden Lichtquellen kommt, tritt lie Röhre $A$, das von der anderen Lichtquelle kommende tritt ie Röhre $B$ in den Apparat ein.

Theil des bei $A$ eintretenden Lichtes dringt ohne Ablenkung Vorderseite des Prismas $p$ ein, um an seiner Rückwand eine totale n zu erleiden. Die aus dem Prisma $p$ austretenden Strahlen treffen mit $p$ parallel gestellte Glasprisma $abd$, an dessen Rückfläche

sie abermals eine totale Reflexion erleiden, um dann ohne Ablenk
der Fläche *ab* auszutreten und sich dann rechtwinklig zu *ab*
pflanzen.

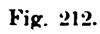
In gleicher Weise tritt nach zweimaliger totaler Reflexion
winklig zu *bc* ein Theil der Strahlen aus, welche, von der zweiten
quelle kommend, durch die Röhre *B* in den Apparat eingetreten

Denken wir uns nun denjenigen Theil des Apparates, Fig. 21
fernt, welcher unterhalb der punktirten Linie liegt, so würde m
*C* her gegen die beiden Prismen schauend, zwei erleuchtete Fläc
und *bc* sehen, welche in einer geraden, in Fig. 211 in *b* zum
verkürzt erscheinenden Linie an einander stossen. Die Helligke
welcher uns diese beiden Flächen erleuchtet erscheinen, ist der In
der bei *A* und *B* eintretenden Strahlen proportional.

Um nun aber die Helligkeit dieser beiden an einander sto
Flächen zu vergleichen, wendet Wild das von ihm construirte I
sationsphotometer an, welches in unserer Figur unterhalb de
tirten Linie im Durchschnitt dargestellt ist.

Das aus dem Prismenapparat austretende Licht fällt zunäc
den Kalkspathpolarisator *F* (am bequemsten ein Foucault'sches
siehe Lehrbuch, 7. Aufl. I. Bd. S. 832). Der Polarisator *F* ist z
mittelst eines Korkes in einer Hülse *h* befestigt, welche selbst w
der Mitte einer kreisförmigen Messingscheibe *m* eingelöthet ist.
seits steckt die Hülse *h* in der Messinghülse *i*, andererseits steck
der Messinghülse *k*. Die Messinghülsen *i* und *k* sind aber du
Metallbügel *l* und *l'* fest mit einander verbunden. Zum besser
ständniss ist dieser Theil des Apparates in Fig. 212 von *K* aus
dargestellt.

Durch diese Einrichtung ist es möglich, die Platte *m* in ihrer
also auch die Hülse *h* sammt
sator *F* um ihre Axe zu
während alle übrigen Th
Apparates in unveränderlic
genseitiger Stellung bleiben.


Fig. 212.



Die Drehung der Scheibe m
dem Polarisator *F* wird
des Knopfes *o* bewerkstellig
welchem ein Trieb in Verl
steht, der in den gezahnt
der Platte *m* aufgelötheten
eingreift.

Die bei *A* und *B* eintr
Lichtstrahlen, welche wenigstens in den hier zu betrachtenden
vollkommen unpolarisirt sind, werden nun durch das Kalkspathpr
polarisirt und fallen dann auf das Kalkspathrhomboëder *K*, wel
in dem Apparat befestigt ist, dass sein Hauptschnitt (die Ebene

echtwinklig steht zu der geraden Linie, in welcher die beiden men *dab* und *gcb* zusammenstossen.

rch *K* nach dem vorderen Theile des Apparates hinschauend, man nun zwei Bilder von einer jeden der beiden erleuchteten *ab* und *bc*, und zwar wird das ordinäre Bild der Fläche *ab* eil noch über das extraordinäre Bild von *bc* fallen. Diese Stelle ı welcher das ordinäre Bild von *ab* und das extraordinäre von einander liegen, ist es, deren nähere Untersuchung zu einer Verıg der Helligkeit der Flächen *ab* und *bc* führt.

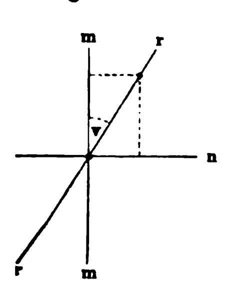


Fig. 213.

In Fig. 213 sei *mm* die Schwingungsrichtung der ordinären Strahlen im Rhomboëder *K*, also eine Linie, welche mit der Kante parallel läuft, in welcher die beiden Prismen *dab* und *gbc* zusammenstossen, so ist *nn* die Schwingungsrichtung der extraordinären Strahlen. Es sei ferner *rr* die Schwingungsrichtung der aus dem Polarisator *F* austretenden Strahlen, welche einen Winkel *v* mit *mm* macht.

Bezeichnen wir nun mit $i$ und $i_1$ die Amplituden der aus dem Polarisator austretenden · schwingenden Strahlen, welche von den Flächen *ab* und *bc* ;, so ist

$$i \cos. v$$

de des nach *mm* vibrirenden ordinären Bildes der Fläche *ab*

$$i_1 \sin. v$$

plitude des nach *nn* schwingenden extraordinären Bildes der ›*c*. Die Intensitäten dieser beiden rechtwinklig zu einander pon Bilder sind also

$$L = i^2 (\cos. v)^2$$
$$L_1 = i_1^2 (\sin. v)^2.$$

n diese beiden Bilder vollkommen gleich lichtstark, so wird die in welcher sie übereinander fallen, keinerlei Polarisation zeigen, n mit Hülfe eines Polariskops leicht erkennen kann. Als Pola›edient sich Wild hier derselben Vorrichtung, welche er schon em Polarisationsstrobometer (Lehrbuch, 7. Aufl., I. Bd. S. 914) in lung gebracht hat, nämlich eines kleinen schwach vergrössernden rs, vor dessen Objectiv zwei gekreuzte Quarzplatten *q* und *q'* einsind, deren Oberflächen einen Winkel von 45° mit ihrer optischen chen, während vor dem Ocular ein Nicol'sches Prisma eingesetzt nd die beiden fraglichen Bilder gleich hell, so wird man an der ro sie übereinander fallen, keinerlei Streifen wahrnehmen, ist das ›r lichtstärker als das andere, so erscheinen die Streifen. Durch g der Scheibe *mm*, Fig. 211, und des Polarisators *F*, also durch

passende Veränderung des Winkels $v$, kann man aber leicht d
zum Verschwinden bringen.

Zur Messung des Winkels $v$ ist der Umfang der Scheibe m
Gradeintheilung versehen, deren Nullpunkt beim Nonius ein
die Schwingungsebene des Polarisators $F$ rechtwinklig steht
Hauptschnitt des Kalkspathrhomboëders $K$. Hat man mit
Knopfes $o$ den Polarisator $F$ so gestellt, dass die Streifen an
verschwinden, wo sich die Bilder von $ab$ und $bc$ überdeck
$L = L_1$, also

$$i^2 (cos. v)^2 = i_1^2 (sin. v_1)^2$$

oder

$$\frac{i^2}{i_1^2} = (tang. v)^2.$$

Nun ist aber die Lichtstärke $J$ der bei $A$ eintretenden Strahl
tional dem Quadrat der Amplitude $i$, also

$$J = ci^2,$$

und ebenso haben wir für die Lichtstärke der bei $B$ eintretend

$$J_1 = c_1 i_1^2.$$

Die Factoren $c$ und $c_1$ würden vollkommen gleich sein, wenn
an Lichtstärke, welchen die Strahlen beim Durchgang durch d
$p'$ und $gcb$ erleiden, vollkommen dem Lichtverlust in $p$ und
wäre, was aber in der Regel nicht der Fall ist. Wir haben a

$$\frac{J}{J_1} = \frac{ci^2}{c_1 i_1^2}$$

oder

$$\frac{J}{J_1} = C (tang. v)^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad .$$

wenn man $\frac{c}{c_1} = C$ setzt.

Die Grösse des Factors $C$ lässt sich ermitteln, wenn man
$B$, Fig. 211, Licht von gleicher Intensität eintreten lässt,
$J = J_1$ ist. Hat man für diesen Fall den Polarisator $F$ so ge
die Streifen im Polariskop verschwinden, und den entsprechen
$v_1$ gemessen, so hat man

$$C (tang. v_1)^2 = 1,$$

also

$$C = \frac{1}{(tang. v_1)^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad .$$

Zur Bestimmung des Durchsichtigkeitscoëfficienten der L
nun Wild das oben beschriebene Photometer in folgender
(Pogg. Ann. CXXXV, 1868). Vor die beiden Oeffnungen de
Zimmer aufgestellten Instrumentes $P$, Fig. 214, werden zwei F
$R$ und $R_1$ so aufgestellt, dass ihre Axen gegen einen und
Punkt $a$ einer geölten Papierscheibe gerichtet sind. Die Pa
ist in der Oeffnung eines Fensters aufgestellt, dessen Flügel
geöffnet sind, so dass die Papierscheibe sehr gleichförmig durch

Tageslicht erleuchtet ist. Ausserdem aber wird die Scheibe durch ein Uhrwerk um einen unter $a$ liegenden Mittelpunkt in gleichförmige Rotation versetzt.

Die Länge $l$ der Röhren $R$ und $R_1$ betrug 3,98 Meter, ihr Durchmesser 1 Decimeter. An beiden Seiten war jede dieser Röhren mit einer Platte von Spiegelglas luftdicht verschlossen.

Um alles fremde Licht möglichst vollständig abzuhalten, waren im Innern der Röhren $R$ und $R_1$ zahlreiche Diaphragmen eingesetzt, welche eine centrale Oeffnung von nur 6 Centimeter Durchmesser hatten. An der Röhre $R$ sind zwei Seitenröhrchen $b$ und $c'$ angebracht; durch $b$ kann das Innere des Rohres $R$ mit einer Luftpumpe in Verbindung gebracht, also evacuirt werden, durch $c'$ aber kann man in die entleerte Röhre Luft einströmen lassen, welche zuerst durch einen Trockenapparat und alsdann durch eine Röhre mit Baumwolle gegangen ist, um möglichst allen Staub aus der eintretenden Luft zu entfernen. Die Röhrchen $b'$ und $c$ an dem Rohre $R_1$ dienen zu dem gleichen Zwecke, um nämlich $R_1$ evacuiren und dann mit getrockneter filtrirter Luft füllen zu können.

Zwischen der Papierscheibe und den Röhren $R$ und $R_1$ befindet sich zur Abhaltung fremden Lichtes noch ein Innen geschwärzter, in der Hälfte seiner Länge mit einem in der Mitte durchbrochenen Diaphragma versehener Kasten.

Bezeichnen wir mit $I$ die Lichtstärke, welche das ordinäre Bild von $ab$ (Fig. 211) haben würde, wenn die Luft in der Röhre $R$ gar kein Licht absorbirte, so ist die wirkliche Lichtstärke dieses Bildes

$$J = Ia^l$$

wenn $a$ den Durchsichtigkeitscoëfficienten der in $R$ enthaltenen Luft von atmosphärischer Dichtigkeit, und $l$ die Länge der Röhre bezeichnet. Ebenso ist die Intensität des extraordinären Bildes von $bc$

$$J_1 = Ia_1{}^l$$

wenn $a_1$ den Durchsichtigkeitscoëfficienten der in $R_1$ enthaltenen verdünnten Luft bezeichnet.

Setzen wir in Gleichung 1) für $J$ und $J_1$ ihre oben angeführten Werthe, und für $v$ den Winkel, auf welchen man den getheilten Kreis $m$ einstellen muss, damit die Streifen verschwinden, wenn die eine

Röhre Luft von atmosphärischer Dichtigkeit, die andere aber verdi Luft enthält, so kommt

$$\left(\frac{a}{a_1}\right)^l = C(tang.\,v)^2$$

und wenn man für $C$ seinen Werth bei 6) setzt,

$$\frac{a}{a_1} = \left(\frac{tang.\,v}{tang.\,v_1}\right)^{\frac{2}{l}} \quad \ldots\ldots\ldots$$

wenn $v_1$ den Werth des Neutralisationswinkels für den Fall bese dass beide Röhren Luft von gleicher Beschaffenheit und Dichtigke halten. Wenn die Luft in $R$ $n$mal so dicht als die verdünnte I $R_1$, so ist

$$a = a_1^n$$

$$a_1 = a^{\frac{1}{n}}$$

$$\frac{a}{a_1} = \frac{a}{a^{\frac{1}{n}}} = a^{1-\frac{1}{n}} = a^{1-\frac{p}{P}},$$

wenn man mit $p$ den Druck der Luft in $R_1$ und mit $P$ den in zeichnet. Aus der letzten Gleichung folgt aber ferner

$$\frac{a}{a_1} = a^{\frac{P-p}{P}}$$

und endlich

$$a = \left(\frac{a}{a_1}\right)^{\frac{P}{P-p}}$$

und wenn man für $\frac{a}{a_1}$ seinen Werth bei 3 setzt

$$a = \left(\frac{tang\,v}{tang\,v_1}\right)^{\frac{2P}{l(P-p)}} \quad \ldots\ldots\ldots$$

Bei einem nach dieser Methode angestellten Versuch erhiel folgende Resultate. Als beide Röhren mit Luft von atmosph Dichtigkeit ($P = 715^{mm}$) gefüllt waren, ergab sich der entspr Neutralisationswinkel $v_1 = 43^0$. Als die Röhre $R_1$ dagegen so w cuirt worden war, dass $p = 40^{mm}$, ergab sich $v = 42^0\,49'$. Se diese Werthe von $P$, $p$, $v$ und $v_1$ in Gleichung 4) und ausserdem $l$ so kommt

$$a = 0{,}99659$$

für den Durchsichtigkeitscoefficienten der in der Röhre enthalten von atmosphärischer Dichtigkeit, wenn man 1 Meter als Länge annimmt.

**Nach einer Reihe sorgfältig angestellter Versuche ist bei atmosphä-chem Druck (auf 1 Meter als Wegeinheit bezogen) der Durchsichtig-itscoëfficient**

| | |
|---|---|
| trockner, möglichst staubfreier Luft . . . | 0,99718 |
| „ staubhaltiger Zimmerluft . . . . | 0,99520 |
| staubfreier, mit Wasserdampf gesättigter Luft | 0,99388. |

**Man** sieht daraus, dass der Staubgehalt der Luft ihre **Durchsichtig-** **sehr** vermindert. Da aber staubfreie trockne Luft durchsichtiger **als** staubfreie mit Wasserdampf gesättigte, so **kann** die vermehrte **rchsichtigkeit** der Luft bei bevorstehendem Regen oder **unmittelbar** **ch erfolgtem** Niederschlag nicht sowohl von der Feuchtigkeit der Luft **solcher**, sondern nur daher rühren, dass durch den vermehrten Wasser-**pf** die Menge des in der Luft suspendirten Staubes und der **herum-** **genden** Pflanzenkeime vermindert wird.

**Berechnet** man nach dem oben angegebenen Werth den **Durchsich-** **eitscoëfficienten** der staubfreien Luft für die Längeneinheit **von** **0 Fuss**, so erhält man ungefähr

$$a = 0{,}99718^{300} = 0{,}434,$$

**Werth**, der noch ungleich kleiner ist, als derjenige, welcher **sich mit** **rücksichtigung** der Pupillenveränderung aus den Schlagintweit'-**hen** Beobachtungen mit dem Saussure'schen Diaphanometer **ergiebt.**

Nach den Wild'schen Versuchen ist also die Lichtabsorption **wenig-** **ens in** den zunächst über dem Boden ruhenden Luftschichten eine weit **deutendere**, als man bis dahin annehmen zu können glaubte.

Nach vorläufigen Versuchen von Wild ist übrigens der **Durchsich-** **keitscoëfficient** nicht für alle Farben derselbe, er ist **kleiner für blaue** **für** rothe Strahlen.

**Durchsichtigkeit und Farbe des Wassers.** Die Bespre- 141
**ung** der Durchsichtigkeit und der Farbe des Wassers **gehört zwar** **reng** genommen nicht in dieses Capitel, dennoch dürfte hier wohl die **ndste** Stelle dafür sein.

**Obgleich** das reine Wasser in kleinen Quantitäten vollkommen **chsichtig** erscheint, so übt es doch eine bedeutende **Absorption auf** **tstrahlen aus**, welche einen etwas längeren Weg im Wasser **zurück-** **gen haben.**

**Nach** Wild's Messungen ist der Durchsichtigkeitscoëfficient des **assers auf** 1 Meter als Wegeinheit reducirt (Pogg. Ann. CXXXIV, **868) bei** einer Temperatur von 17° C., nach der Filtration durch

| | | |
|---|---|---|
| Grobes Filtrirpapier | . . . . . | 0,5368 |
| Mittelfeines | „ . . . . . . | 0,6491 |
| Feinstes | „ . . . . . . | 0,7978. |

Diese Zahlen zeigen, wie bedeutend die Durchsichtigkeit des W
durch Staubtheilchen beeinträchtigt wird, welche im Wasser suspe
sind. Aber selbst für das reinste Wasser ist die Lichtabsorption
so bedeutend, dass eine Schicht von 5 Metern Länge ungefähr nur
$1/3$ des auffallenden Lichtes, eine Schicht von 300 Metern Länge al
gut wie gar kein Licht mehr durchlässt.

Mit wachsender Temperatur nimmt der Durchsichtig
coëfficient des Wassers ab. Wild fand denselben, auf 1 Meter W
heit bezogen, für destillirtes, durch grobes Papier filtrirtes Wasse

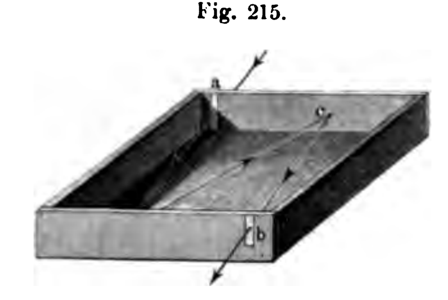
bei 24,4° C. gleich 0,4247,
„ 6,2° C. „ 0,5844.

Daraus erklärt sich nun auch, dass die Farbe des Wassers in
und Flüssen im Sommer eine dunklere, gesättigtere Farbe hat
Winter, und dass ebenso das Wasser des Golfstromes intensiver g
erscheint als das umgebende Wasser.

Das reine Wasser ist, wie es Bunsen experimentell bewiese
nicht farblos, wie man gewöhnlich annahm, sondern es besitz
Natur eine rein blaue Färbung. Er beobachtete diese Fä
als er durch eine 2 Meter lange Wassersäule weisse Porzellanstüc
trachtete.

Um die Farbe des destillirten Wassers zu beobachten, wandte
(Pogg. Ann. CXV, 1862) einen aus Guttapercha verfertigten K
Fig. 215, an, dessen Vorde
Hinterwand durch dünn
schliffene Glasplatten g
ist, welche auf ihrer Inne
mit einer polirten Silberbel
versehen sind. Der Absta
beiden Glasplatten betrug
die Breite derselben 150
meter. An der Hinterwa
bei $a$, an der Vorderwa
bei $b$ ein verticaler Streif
Belegung fortgenommen.

Fig. 215.




man nun ein Bündel Sonnenstrahlen, welches durch den Spiegel
Heliostats reflectirt, in horizontaler Richtung in ein dunkles Zimme
getreten ist, in gehöriger Richtung durch den Spalt bei $a$ eintre
wird es nach einmaliger Reflexion an der Vorderwand und nac
maliger Reflexion an der Hinterwand, nachdem es also die Län
Kastens dreimal durchlaufen hat, durch den Spalt bei $b$ aus
Durch entsprechende Drehung des Kastens gegen die einfallenden
len, kann man es dahin bringen, dass die Strahlen bei $b$ austreten,
dem sie die Länge des Kastens fünfmal, siebenmal u. s. w. durch
haben. Fängt man die bei $b$ austretenden Strahlen auf einem S

əm Papier auf, so erhält man auf demselben ein Bild, dessen e weiss, dessen andere Hälfte aber blau gefärbt ist, wenn man n bis zur Hälfte seiner Höhe mit destillirtem Wasser füllt.

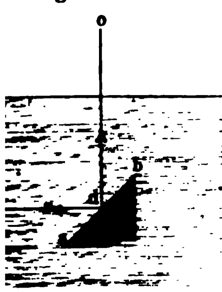
subjectiv lässt sich die Erscheinung beobachten, wenn man z durch diffuses Licht erleuchtet und beim Spalt *b* in den Apparat ut. Man erblickt dann auf der gegenüberliegenden Spiegel- Reihe gefärbter Bilder des Spaltes *a*, dessen erstes bei *c* er- d von Strahlen herrührt, welche die Länge des Kastens dreimal n haben, während die folgenden der Reihe nach weiter rechts Bilder die Länge des Kastens fünf-, sieben-, neunmal durch- ben, und deshalb der Reihe nach immer dunkler gefärbt er-

Beetz den Kasten mit Wasser aus dem Achensee füllte, er- lie Bilder des Spaltes *a* eben so rein blau als bei Anwendung lirtem Wasser, während das Wasser aus dem Tegernsee eine rüne Färbung zeigte.

Hinderniss für die Reproduction des eben beschriebenen Beetz'- arates dürfte übrigens in der Schwierigkeit liegen, die dazu Silberspiegel zu erhalten; man wird deshalb wohl zu Blech- n etwa 4 Meter Länge seine Zuflucht nehmen müssen, welche Enden durch Platten von möglichst farblosem Spiegelglas ver- sind.

die Farbe des Lichtes zu beobachten, welches einen längeren orizontaler Richtung im Wasser des Meeres oder eines Sees zu- t hat, schlug Arago vor, ein mit Luft gefülltes ringsum wasser- hlossenes Hohlprisma anzuwenden, dessen Hypotenusenfläche *ab*, lurch geschliffenes Spiegelglas gebildet ist. Wird dies Prisma so in Wasser eingetaucht, dass die Glasfläche *ab* einen Winkel von 45° mit der Verticalen macht, so werden die in horizontaler Richtung *cd* auf die Glasplatte fallenden Strahlen hier eine totale Reflexion erleiden und in verticaler Richtung *do* ins Auge des Beobachters gelangen. Poggendorff meint, es genüge eine Platte von Spiegelglas in der Lage, wie *ab*, Fig. 216, ins Wasser zu versenken; es müsste aber doch wenigstens die untere Fläche dieser Glasplatte mit einer egung versehen sein, wenn die nach oben reflectirte Lichtmenge zu unbedeutend sein soll.

Fig. 216.




leetz eine durch Glasplatten geschlossene, noch mit Luft ge- hröhre in der Art unter den Wasserspiegel im Tegernsee te, dass die obere Glasplatte in die Lage kam, wie *ab*, in Fig. 216, e er ein so intensiv smaragdgrünes Licht, wie er es auf

anderem Wege niemals gesehen hatte, im Achensee aber ei
Licht, wie wenn es durch eine concentrirte Lösung von Ku
hindurchgegangen wäre.

Wittstein hat durch chemische Untersuchungen na
(Sitzungsbericht der baierschen Akademie, 1860), dass die gr
des Wassers organischen Beimischungen ihren Ursprung
Mit Zunahme derselben geht die blaue Farbe des Wassers a
die grüne, und aus dieser, wenn das Blau immer mehr zurü
die braune über, wie man sie in norddeutschen Landseeen
Seeen des Schwarzwaldes wahrnimmt. Die Auflösung organisch
in Gestalt von Humussäure ist übrigens vom Alkaligehalte d
abhängig. Wasser ohne Alkali kann die Humussäure nicht au

Sainte-Claire Deville hat die Beobachtung gemacht,
Wasser, welche nach der Verdampfung einen weissen Rückst
blau sind, während diejenigen, deren Rückstand gelb oder
ist, grün sind.

142 **Die allgemeine Tageshelle.** Mag nun die unv
Durchsichtigkeit der Atmosphäre von den Lufttheilchen selbst
oder durch Wasserdämpfe, durch Staub oder Rauchtheilchen
sein, so ist klar, dass jedes Partikelchen, welches einen Th
dasselbe fallenden Lichtes aufhält, Veranlassung zu einer Re
Diffusion von Licht bietet. Diese Reflexion und Diff
Lichtes innerhalb der Atmosphäre ist die Ursache
meinen Tageshelle.

Wäre die Luft vollkommen durchsichtig, so könnte sie
mindeste Licht reflectiren, das Himmelsgewölbe müsste uns
wenn die Sonne über dem Horizonte steht, absolut schwarz
und wo die Sonne nicht unmittelbar hinscheint, müsste v
Finsterniss herrschen. Die Reflexion des Lichtes in der Atm
aber so stark, dass bei Tage das ganze Himmelsgewölbe meh
niger lebhaft erleuchtet erscheint, so dass die Sterne vor die
mässig ausgebreiteten Glanze erbleichen; ja selbst durch da
Mondes erscheint das Himmelsgewölbe so stark erhellt, dass z
Vollmondes nur noch die helleren Sterne sichtbar bleiben.

Diesem durch die Atmosphäre reflectirten Lichte verdank
die allgemeine Tageshelle, durch welche auch an solc
welche nicht direct den Sonnenstrahlen ausgesetzt sind, also i
in unseren Zimmern eine gleichmässig verbreitete Helligkei
Je grösser die Durchsichtigkeit der Luft ist, desto intensiver
mittelbare Wirkung der Sonnenstrahlen und desto geringer
meine Tageshelle. Bei reiner Luft ist auf dem Gipfel hoher G
Contrast in der Helligkeit beschatteter Orte und solcher, we
den Sonnenstrahlen ausgesetzt sind, viel bedeutender, als es
gleichen Umständen in der Tiefe der Fall ist.

Die allgemeine Tageshelle ist am grössten, wenn der Himmel mit
…en faserigen Wölkchen überdeckt ist, weit geringer ist sie bei ganz
…m, blauem Himmel.

**Die Farbe des Himmels.** Wenn der Himmel nicht durch 143
…en oder durch einen Nebelschleier bedeckt ist, so zeigt er bekannt-
…eine je nach den Umständen bald hellere, bald dunklere blaue Fär-
…

Um für die Intensität dieser blauen Färbung eine wenigstens an-
…nd genaue Messung zu erhalten, construirte Saussure eine Vor-
…ng, welche er Cyanometer nannte. Durch Anstreichen mit gutem
…er-Blau stellte er eine Anzahl von 53 Papieren dar, welche vom
… Weiss bis zum gesättigten Blau und von diesem durch Zusatz von
… bis zum vollkommenen Schwarz eine Reihe gleichförmig fortschrei-
… Zwischenstufen bildeten. Von diesen Papieren wurden gleich-
… Stücke ausgeschnitten, und diese auf dem Umfang eines Kreises
…klebt. Diese 53 Nüancen von Weiss durch Blau zum Schwarz wur-
…Grade genannt, und die Grade wurden von Weiss anfangend gezählt.
Will man die Farbe an irgend einer Stelle des Himmels bestimmen,
… man das Cyanometer zwischen das Auge und diese Stelle und
…, welcher Grad der Färbung des Himmels entspricht. Die Beobach-
… muss wo möglich im Freien gemacht werden, damit das Cyanometer
…chend erleuchtet wird.

Parrot construirte zu dem gleichen Zwecke einen anderen Apparat,
… man Rotationscyanometer nennen kann; es besteht aus einer
…en und einer schwarzen Scheibe, auf welchen man 1, 2, 3... Sec-
… von gesättigter blauer Färbung befestigen kann. Durch rasche
…rehung wird jede Scheibe ein gleichförmiges Ansehen erhalten. Aus
…nzahl der blauen Sectoren, die man auf die weisse oder die schwarze
…be bringen muss, um eine dem Blau des Himmels gleiche Färbung
…halten, kann man auf den Grad derselben schliessen.

Diese beiden Vorrichtungen sind in mancher Beziehung unbequem
… mangelhaft. Arago machte den Vorschlag, die blaue Färbung,
…e doppeltbrechende Krystallblättchen bei bestimmter Dicke im po-
…rten Lichte zeigen, zur Vergleichung mit dem Himmelsblau anzu-
…en. Das Blau solcher Krystallblättchen erreicht nämlich seine grösste
…sität, wenn das einfallende Licht vollkommen polarisirt ist; je un-
…ändiger aber die Polarisation der einfallenden Strahlen ist, desto
…er und mehr dem Weiss sich nähernd wird die blaue Färbung des
…chens. Aber auch die Herstellung und Ausführung eines auf dieses
…ip gegründeten Cyanometers stösst auf mannigfache Schwierigkeiten
… es scheint bis jetzt wenigstens das Polarisationscyanometer
… nicht in die Praxis eingetreten zu sein.

Schon eine oberflächliche Betrachtung des heiteren Himmels zeigt
, dass die blaue Färbung desselben im Zenith am intensivsten ist, und

dass sie nach dem Horizont hin mehr und mehr weisslich wird
einem heiteren Tage fanden **Saussure** in Genf und **Humboldt** a
Atlantischen Ocean (16° 19′ nördlicher Breite) für die Bläue des Hi
in verschiedenen Höhen über dem Horizonte folgende Werthe:

| Höhe. | Cyanometergrade | |
|---|---|---|
| | Humboldt. | Saussure. |
| 1° | 3,0° | 4,0° |
| 10 | 6,0 | 9,0 |
| 20 | 10,0 | 13,0 |
| 30 | 16,5 | 15,5 |
| 40 | 18,0 | 17,5 |
| 60 | 22,0 | 20,0 |

Auf den Gipfeln hoher Berge erscheint der Himmel weit du
in den Ebenen. So fand **Saussure** die Färbung des Zeniths
Col du géant gleich 31° seines Cyanometers, während gleichz
Genf nur 22,5° beobachtet wurden. An einem sehr schönen Ta
auf dem Col du géant die Farbe des Zeniths auf 37°; auf dem G
Montblanc wurden sogar 39° beobachtet.

In wärmeren Ländern ist die Farbe des Himmels tiefer bl
solchen, welche weiter vom Aequator entfernt liegen; bei gleic
graphischer Breite ist der Himmel der Binnenländer blauer, als
Meere und den Küstenländern, was leicht begreiflich ist, wenn
denkt, dass das reine Blau des Himmels besonders durch die in
schwebenden condensirten Wasserdämpfe, durch feine Nebel
wird, welche den Himmel mit einem leichten Schleier überzieh
doch schon dicht genug zu sein, um Wolken zu bilden.

Während das Blau des Himmels offenbar von dem in der At
reflectirten Lichte herrührt, zeigen Lichtstrahlen, welche eine
Weg durch die unteren dichteren Schichten des Luftmeeres zur
haben, eine tief gelbe bis ins Rothe gehende Färbung. Wäh
Mond, wenn er hoch über dem Horizonte steht, mit einem w
etwas bläulichen Lichte strahlt, sehen wir dieses Gestirn oft blut
gehen, und ebenso ist die prachtvolle Erscheinung des Morg
Abendrothes ein Beweis dafür, dass die Atmosphäre vorzugsweis
[illegible] und rothen Strahlen den Durchgang gestattet.

144 **Erklärung der blauen Farbe des Himmels u
Abendrothes.** Viele Physiker und unter diesen besonders B

chen die blaue Farbe des Himmels und das Abendroth einfach durch ie Annahme zu erklären, dass die Luft vorzugsweise die blauen Strahlen flectire, dagegen aber die gelben und rothen vollständiger durchlasse s alle anderen.

Nach der Meinung von Forbes (Pogg. Ann. XLVI, 349; XLVII, 593) ührt aber wenigstens die Erscheinung des Abend- und Morgenrothes icht sowohl von der Luft selbst, als vielmehr von dem in der Atmosphäre nthaltenen Wasserdampfe her.

Eines Tages stand Forbes neben einem Dampfwagen, der durch in Sicherheitsventil eine grosse Menge Dampf entliess; zufällig sah er urch die aufsteigende Dampfsäule nach der Sonne und war überrascht, s sehr tief orangeroth gefärbt zu sehen. Später beobachtete er noch ters dasselbe Phänomen und entdeckte eine wichtige Abänderung desben. Nahe über dem Sicherheitsventile, zu welchem der Dampf herblies, war dessen Farbe für durchgehendes Licht das erwähnte tiefe angeroth; in grösserer Entfernung jedoch, wo der Dampf vollständiger dichtet war, hörte die Erscheinung gänzlich auf. Selbst bei mässiger cke war die Dampfwolke durchaus undurchdringlich für die Sonnenahlen, sie warf einen Schatten wie ein fester Körper; und wenn ihre ke gering war, so war sie zwar durchscheinend, aber durchaus farblos. e Orangefarbe des Dampfes scheint also einer besonderen Stufe der dichtung anzugehören. Bei vollkommener Gasgestalt ist der Wassermpf ganz durchsichtig und farblos, in jenem Uebergangszustande ist durchsichtig und rauchroth, wenn er aber vollständig zu Nebelbläschen dichtet ist, so ist er bei geringer Dicke durchscheinend und farblos, i grosser Dicke vollkommen undurchsichtig.

Forbes wendet dies zur Erklärung der Abendröthe an. Als reine, blose, elastische Flüssigkeit giebt der Wasserdampf der Luft ihre ste Durchsichtigkeit, wie man sie besonders beobachtet, wenn sich h einem heftigen Regen der Himmel wieder aufhellt. Im Uebergszustande lässt er die gelben und rothen Strahlen durch und bringt diesem Zustande die Erscheinungen der Abendröthe hervor.

Diese Theorie erklärt auch sehr gut, dass das Abendroth weit briller ist als das Morgenroth; dass Abendroth und Morgengrau die Angen schönen Wetters sind. Gleich nach dem Temperaturmaximum s Tages und vor Sonnenuntergang fangen der Boden und die Luftchten in verschiedener Höhe an, Wärme durch Strahlung zu verlieren. er sich aber in Folge dessen der Wasserdampf vollständig verdichtet, chläuft er jenen Uebergangszustand, welcher die Abendröthe erzeugt. s Morgens ist es anders. Die Dämpfe, welche bei Umkehrung des cesses wahrscheinlich das Roth erzeugt haben würden, steigen nicht r auf, als bis die Wirkung der Sonne lange genug angehalten hat; lann ist aber die Zeit des Sonnenaufgangs vorüber, die Sonne steht on hoch am Himmel. Das feurige Ansehen des Morgenhimmels rührt i der Anwesenheit eines so grossen Ueberschusses an Feuchtigkeit her,

dass durch die Verdichtung in höheren Regionen wirklich Wolken
stehen, im Gegensatze mit der Tendenz der steigenden Sonne, sie zu
streuen; das Morgenroth ist deshalb als Vorbote baldigen Regens zu
trachten. Diese Theorie dürfte wohl durch die in §. 145 mitgethe
Thatsachen mannigfache Modificationen erleiden.

Clausius hat die Rolle, welche der Wasserdampf bei der Fär
des Himmels spielt, näher untersucht (Pogg. Annal. Bd. 76).

Zunächst sucht er zu beweisen, dass die atmosphärische Refl
weder von feinen, undurchsichtigen, in der Luft schwebenden fre
Partikelchen, noch von massiven Wasserkugeln herrühren könne, so
dass dieselbe von den zarten in der Luft schwebenden Wa
bläschen abzuleiten sei.

Diese Wasserbläschen verhalten sich nun ganz wie mikrosko
Seifenbläschen: sie werden eine von der Dicke der dünnen Wasse
abhängige Farbe reflectiren; bei der geringsten Dicke, bei welcher
dünne Schicht überhaupt eine Färbung wahrnehmen lässt, zeigt sie
Blau erster Ordnung (Physik. 7. Aufl. Bd. I. S. 792). Wenn
nach in der Luft nur solche Wasserbläschen schweben, deren Hüll
Dicke nicht überschreitet, welche das Blau erster Ordnung lie[illegible]
müssen sie, nach der Ansicht von Clausius, den Himmel mit [illegible]
erster Ordnung überziehen.

Wenn die Luft feuchter wird, so werden die schon vo[illegible]
Bläschen an Dicke zunehmen, zugleich aber bilden sich von [illegible]
feinsten Bläschen, so dass dann von einer bestimmten Grä[illegible]
bis zu den feinsten herab Wasserbläschen von allen Zwische[illegible]
zeitig in der Luft schweben; es kann deshalb auch der Hi[illegible]
etwa die Farbe irgend einer dickeren Schicht annehmen, [illegible]
Zusammenwirken aller weiteren Farben, welche die einzel[illegible]
etwa noch liefern mögen, kann zusammen nur eine weissliche [illegible]
vorbringen, welche das reine Blau des Himmels um so mehr [illegible]
mehr dickere Bläschen den feineren beigemischt sind.

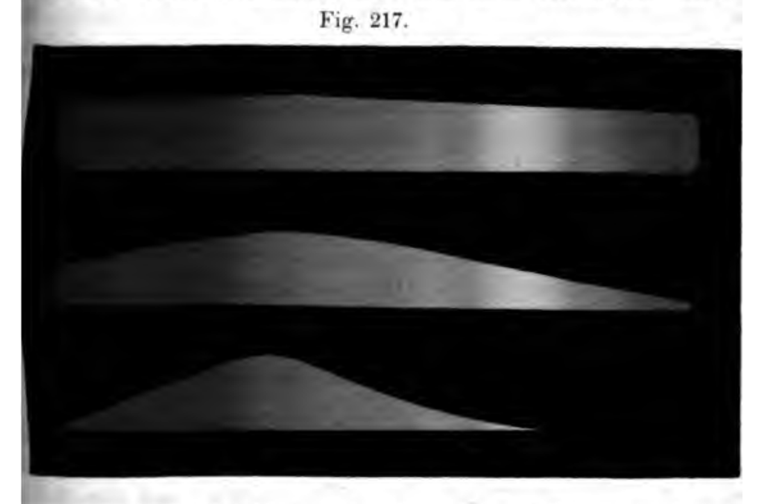
Schon Newton hatte die Ansicht ausgesprochen, dass das [illegible]
Himmels das Blau erster Ordnung sei, ohne jedoch diese Ansicht [illegible]
auszuführen oder zu begründen, wie dies jetzt von Clausius gesc
ist. Wenn man aber mit Aufmerksamkeit die Farben der New
schen Ringe betrachtet, so wird man gestehen müssen, dass in der g
ersten Ordnung kein Blau vorkommt, welches sich auch nur entfer
dem prachtvollen Blau des Himmels vergleichen liesse. Das Blau
Ordnung ist ein, nur wenig ins Blaue spielendes Weiss; das Schwa
centralen Fleckes geht durch ein bläuliches Grau in bläuliches Wei
dieses in Gelblichweiss über. Von dieser Seite also scheint die T
von Clausius wohl einer Ergänzung zu bedürfen, um mit den
genden Thatsachen in Uebereinstimmung gebracht zu werden; zu
solchen Uebereinstimmung glaube ich aber auf folgendem Wege ge
zu können.

Der oberste Streifen in Fig. 217 zeigt nach der in meinem Lehr-
che der Physik näher erörterten Weise, wie das Blau erster Ordnung
sammengesetzt ist. Während das Blau vollständig reflectirt wird, bleibt
n dem zum reinen Weiss gehörigen Violett noch 0,96, von dem zum
inen Weiss gehörigen Roth noch 0,83 übrig. Man sieht nun leicht
, dass in dem Blau erster Ordnung von allen Farben des Spectrums
ch so viel übrig bleibt, dass ein entschiedenes Vorherrschen von Blau
möglich ist.

Wenn aber das Blau erster Ordnung, welches von einem ersten
sserbläschen reflectirt wird, auf ein zweites fällt, so wiederholt sich
selbe Vorgang. Bezeichnen wir die Intensität des von dem zweiten
sserbläschen reflectirten Blau mit 1, so ist die Intensität des vom
eiten Bläschen reflectirten Violett nur noch $0{,}96^2$ und des vom zweiten
schen reflectirten Roth nur noch $0{,}83^2$.

So wird denn bei jeder folgenden Reflexion von einem solchen feinen
serbläschen der Antheil aller übrigen Farben, welche das Vorherrschen
s Blau abschwächen können, mehr und mehr verringert. Bezeichnen

Fig. 217.



r die Intensität des Blau nach zehnmaliger Reflexion (d. h. nachdem
Lichtstrahlen der Reihe nach von zehn Wasserbläschen reflectirt wor-
n sind, deren jedes für sich im weissen Lichte Blau der ersten Ord-
ng zeigt) mit 1, so ist die Intensität des Violett nach zehnmaliger
flexion nur noch $0{,}96^{10} = 0{,}66$ und die des Roth nur noch $0{,}83^{10} = 0{,}15$.

Der mittlere Streifen in Fig. 217 zeigt die Zusammensetzung der
rbe, welche von dem ursprünglich weissen Lichte bleibt, nachdem es
Reihe nach von zehn Bläschen reflectirt worden ist, von welchen
es für sich allein im weissen Lichte das Blau erster Ordnung zeigt.
gleichem Sinne stellt der unterste Streifen in Fig. 217 das Blau erster
dnung nach 100maliger Reflexion dar.

Man sieht nun leicht, wie durch wiederholte Reflexion des auf dünnen Wasserbläschen, von denen jedes einzelne nur ein ganz weissliches Blau liefern würde, eine sehr intensive blaue Färbu stehen kann, und somit dürfte wohl das Blau des Himmels, wu kein einfaches, doch ein gewissermaassen potenzirtes Blau ersch nung sein.

145 **Atmosphärische Linien.** Schon am Schlusse des §. ersten Bandes meines Lehrbuchs der Physik (7. Aufl.) ist erwähnt dass bei niedrigem Stande der Sonne im Sonnenspectrum dunkle und Bänder auftreten, welche zur Mittagszeit gar nicht oder d schwach sichtbar sind. Es ist dort bereits angeführt worden, da Linien von einer Lichtabsorption in der Atmosphäre herrühren u sie grossentheils durch die Gegenwart des Wasserdampfes in d bedingt sind.

Man kann diese Linien am einfachsten beobachten, wu mit einem geradlinigen Spectroskop nach dem durch die unter Sonne gerötheten Himmel schaut. Man sieht dann, wie das S Nr. 2 auf Tab. 10 zeigt, in dem weniger brechbaren Theile des Sp dunkle Bänder, von welchen bei höherem Stande der Sonne nich zunehmen ist, und von denen besonders zwei auffallen, welche h hellen gelben Streifen getrennt erscheinen und von denen das δ bezeichnet ist. Fig. 218 ist eine verkleinerte Copie der sorgfä geführten Abbildung, welche Angström in dem Atlas zu sei cherches sur le spectre solair (Upsala 1868) von den atmosph Linien gegeben hat. Das von δ zunächst nach dem Roth hin l dunkle Band deckt die Fraunhofer'sche Linie *D*. Selbst w Sonne noch etwas höher steht, so dass die dunklen Bänder und δ noch nicht merklich vortreten, erscheint doch schon der Z raum zwischen ihnen als ein heller gelber Streif auf etwas du Grunde.

Der Erste, welcher die Veränderlichkeit der sogenannten at rischen oder tellurischen Linien beobachtete, war Zantedeschi ihm haben sich zunächst Brewster und Gladstone mit dem derselben beschäftigt und eine Zeichnung derselben veröffentlic Trans. 1860. T. 150). Die beste Abbildung derselben ist ohne die bereits erwähnte Angström'sche, deren Copie in Figur geben ist.

Janssen fand im Jahre 1864, dass die atmosphärischen Li dem Gipfel des Faulhorn (8260 Meereshöhe) weit weniger int scheinen, als in der Ebene. Bei Genf liess Janssen des Nach Scheiterhaufen von Tannenholz anzünden und beobachtete die l aus einer Entfernung von 21000 Metern durch ein Spectrosk so beobachtete Spectrum zeigte dieselben atmosphärischen Abs streifen wie das Spectrum der untergehenden Sonne, während ei

in der Nähe beobachtet, ein continuirliches Spectrum liefert.
e Beobachtungen stellte auch Secchi in Rom an.
s die atmosphärischen Linien zum grossen Theil wenigstens vom Wasserdampf in der Luft herrühren, hat Janssen dadurch bestätigt, dass er das Licht von 16 combinirten Gasflammen durch eine 37 Meter lange, an beiden Enden durch starke Platten von Spiegelglas geschlossene eiserne Röhre beobachtete, welche mit gesättigtem Wasserdampf von 7 Atmosphären Spannkraft gefüllt war. Es zeigte sich ein Absorptionsspectrum, dessen dunkle Linien sich sämmtlich unter den tellurischen Linien des Spectrums der untergehenden Sonne wiederfinden, während sich diese Absorptionslinien nicht zeigten, wenn die Röhre nicht mit Wasserdampf, sondern mit trockner Luft gefüllt war.




Angström hat übrigens den Beweis geliefert, dass keineswegs alle mit dem Stande der Sonne veränderlichen und deshalb als tellurische zu bezeichnenden Linien vom Wasserdampf der Atmosphäre herrühren. Im Januar 1864 beobachtete er zu Upsala bei einer Temperatur von — 27° C. wiederholt das Sonnenspectrum. Die tellurischen Streifen bei $D$, $C$ und $a$, so wie diejenigen zwischen $a$ und $B$, waren fast vollständig verschwunden, während die Gruppen $A$ und $B$, und eine dritte, ungefähr in der Mitte zwischen $D$ und $C$ gelegene und in unserer Figur mit $\alpha$ bezeichnete, sehr intensiv waren. Dasselbe gilt von dem Absorptionsstreifen $\delta$, links von $D$. Bei genügender Vergrösserung lässt sich der Schattenstreifen $\delta$, wenn er eben merklich zu werden beginnt, in sehr feine Linien auflösen; beim Untergang der Sonne aber vereinigen sich diese Linien und bilden ein zusammenhängendes dunkles Band.

Diese Absorptionspartbieen bei $A$ und $B$, $\alpha$ und $\delta$ rühren also nicht von Wasserdampf, sondern höchst wahrscheinlich von einem zusammengesetzten permanenten Gase, vielleicht von Kohlensäure her.

In unserer Figur sind die von Wasserdampf herrührenden Absorptionsstreifen am unteren

Rande mit $W$. die übrigen atmosphärischen Absorptionsparthieen si
mit $K$ bezeichnet.

Indem die Sonne sich dem Horizonte nähert, schreitet die at
sphärische Lichtabsorption ungefähr in folgender Weise voran. Zu
verschwindet der violette Theil des Spectrums bis $G$. Während dann
Absorption von $G$ gegen das Roth hin fortschreitet, treten dann die e
besprochenen Absorptionsbänder und Linien in Roth und Gelb auf,
zwar um so dunkler werdend, je tiefer die Sonne sinkt. Zuletzt blei
nur noch die hellen Parthieen im Roth und Orange zwischen $B$ und
und die grüngelbe Parthie unmittelbar links von $\delta$; am hellsten
bleibt der Zwischenraum zwischen $D$ und $\delta$.

Durch diese einfachen Absorptionsphänomene erklären sich nun
Erscheinungen der Morgen- und Abendröthe weit einfacher, als d
die übrigen zu diesem Zwecke aufgestellten Theorien.

Fig. 219.




Jetzt, nachdem wir das Absorptionsspectrum der Erdatmos
kennen gelernt haben, müssen wir noch einmal auf die Spectr
Mondes und der Planeten zurückkommen.

Im Spectrum des Mondes erscheinen die atmosphärischen I
der Erde weder verstärkt noch vermehrt, wie sich zum Voraus erw
liess, da der Mond nicht von einer Atmosphäre umgeben ist.

Auch im Spectrum der Venus erscheinen die Fraunhofer'
Linien völlig unverändert. Dies berechtigt uns aber noch nicht
die Existenz einer Venusatmosphäre, auf welche manche andere Er
nungen hindeuten, in Abrede zu stellen. Möglicherweise wird das
der Sonne nicht von der Oberfläche dieses Planeten, sondern von W
reflectirt, welche in einer gewissen Höhe über seiner Oberfläche schw

Im Spectrum des Jupiter erscheinen die Absorptionsstreifen
Erdatmosphäre sehr verstärkt, woraus folgt, dass die Atmosphäre
Planeten gleichfalls Wasserdampf enthält. Ausserdem zeigt aber
Jupiters-Spectrum noch einen starken, der Erdatmosphäre fremden
sorptionsstreifen im Roth. Das Spectrum des Saturn ist dem des Ju
sehr ähnlich.

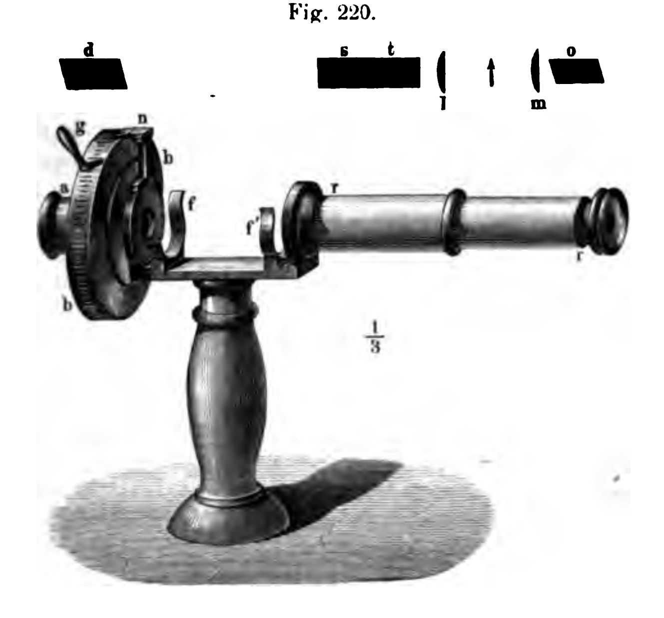
Auch im Spectrum des Mars erscheinen die Erdlinien sehr vers
namentlich gilt dies von den Absorptionsbändern in der Nähe w
der Mars hat also eine der Erde ähnliche Atmosphäre; dann aber t
im Spectrum des Mars noch starke Absorptionsstreifen in Blau auf.

ie eben besprochenen Planetenspectra sind vorzugsweise von Hug-
ıntersucht worden. Im Jahre 1869 hat Secchi die Spectra des
ıs und des Neptun untersucht. Ersteres ist in Fig. 219 darge-
Das Spectrum des Neptun ist dem des Uranus ähnlich, wenn
icht übereinstimmend.

**olarisation des blauen Himmels.** Da das Licht, welches ;end ein Punkt des blauen Himmelsgewölbes zusendet, ursprünglich r Sonne ausgehendes, aber von den einzelnen Lufttheilchen re-·tes Licht ist, so muss es auch die Erscheinung einer partiellen sation zeigen. 146

ie Polarisation der Atmosphäre wurde im Jahre 1809 zuerst von beobachtet. Schon eine einfache parallel mit der Axe geschliffene linplatte oder ein Nicol'sches Prisma genügt, um die Erscheinung

Fig. 220.




bachten, am schönsten zeigt sie sich aber bei Anwendung des be-
n Lehrbuch der Physik (7. Aufl., I. Bd. S. 884) besprochenen Po-
ops von Savart. Es besteht bekanntlich aus einer Combination
gleich dicker, unter einem Winkel von 45° gegen die optische Axe
ittener, gekreuzter Quarzplatten mit einem Polarisator, also einer
linplatte oder einem Nicol'schen Prisma, dessen Schwingungsebene
Winkel von 45° mit den beiden Schwingungsebenen der Quarz-
macht. Das an dem Apparat Fig. 220 befindliche Rohr *rr* ist nichts
, als ein Savart'sches Polariskop. Man braucht dasselbe, nach-
von dem Stativ abgeschraubt worden ist, nur gegen einen Punkt

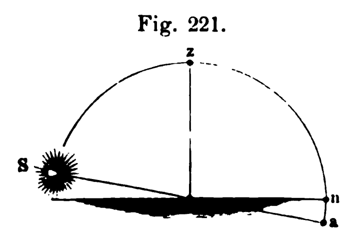
des blauen Himmels zu richten, um die fraglichen Farbenstreifen zu sehen, deren Intensität zu- oder abnimmt, wenn man das Rohr bei unverändertem Richtung um seine Axe dreht. Hat man nun das Rohr so gedreht, dass bei schwarzem Mittelstreifen (vorausgesetzt, dass die beiden Quarzplatten *s* und *t* genau gleich dick sind) die Curven möglichst kräftig erscheinen, so steht die Schwingungsebene des Nicols rechtwinklig auf der Schwingungsrichtung der vom beobachteten Punkte des Himmels kommenden Strahlen. Dreht man von dieser Stellung aus das Rohr um seine Axe, so werden die Streifen blasser und verschwinden, wenn man um 45° gedreht hat. Dreht man noch weiter, so erscheinen die Streifen wieder, ihre Farben sind aber complementär zu den zuerst beobachteten, und diese complementären Streifen mit Weiss in der Mitte erreichen ihre grösste Lichtstärke, wenn die Schwingungsebene des Nicols parallel ist mit der Schwingungsebene der einfallenden Strahlen.

Wenn man nun mit diesem Instrumente das Licht solcher Punkte des blauen Himmels untersucht, welche nicht zu nahe am Horizonte liegen, so findet man, dass die Schwingungen des Lichtes, welches sie uns zusenden, rechtwinklig sind zu der Ebene, welche man sich durch den betrachteten Punkt des Himmels durch das Auge des Beobachters und die Sonne zerlegt denken kann, wie sich dies nach den Gesetzen der Polarisation nicht anders erwarten liess. Wir wollen diese Lage der Schwingungsebene als positive Polarisation bezeichnen.

Untersucht man zur Zeit des Sonnenunterganges das Licht des Himmels in der durch die Sonne und das Zenith gelegten Verticalebene, so findet man, dass die Polarisation in der Nähe der Sonne äusserst schwach ist, dass sie aber mit der Entfernung von der Sonne stärker wird und in einem Abstande von 90° von der Sonne ihr Maximum erreicht, um jenseits dieses Punktes wieder bis zu einem von Arago aufgefundenen neutralen Punkte abzunehmen, der übrigens nicht mit dem der Sonne diametral gegenüberliegenden antisolaren Punkte zusammenfällt, sondern nach Arago's Bestimmungen 20 bis 30° über demselben liegt.

Nach Brewster's Beobachtungen ändert sich die Entfernung des Arago'schen neutralen Punktes von dem antisolaren mit dem Stande der Sonne. Wenn die Sonne noch $11\frac{1}{2}^0$ über dem Horizonte steht, der antisolare Punkt *a*, Fig. 221, also $11\frac{1}{2}^0$ unter dem Horizonte liegt, so liegt der neutrale Punkt gerade im Horizonte. Wenn die Sonne eben untergeht, so beträgt der Abstand zwischen dem antisolaren Punkte *a*, Fig. 222, und dem neutralen *n* $18\frac{1}{2}^0$; gegen Ende der Dämmerung, wenn also die Sonne unter den Horizont gesunken ist, beträgt der Abstand zwischen den Punkten *a* und *n*, Fig. 223, 25 Grad.

Fig. 221.



Während die Polarisation der Strahlen vom Zenith bis zum neu-
len Punkt eine positive ist, d. h. während die Schwingungsebene der
prechenden Strahlen eine horizontale ist, ist die Polarisation der
len, welche von Punkten zwischen $n$ und dem Horizonte kommen,
negative, d. h. die Schwingungsebene dieser Strahlen ist vertical.
In der durch die Sonne gelegten Verticalebene hat Babinet einen
en neutralen Punkt $b$ aufgefunden, welcher ungefähr eben so hoch
der Sonne steht, wie $n$ über $a$, einen dritten eben so tief unter der
e stehenden, aber sehr schwer zu beobachtenden, neutralen Punkt
endlich Brewster aufgefunden.

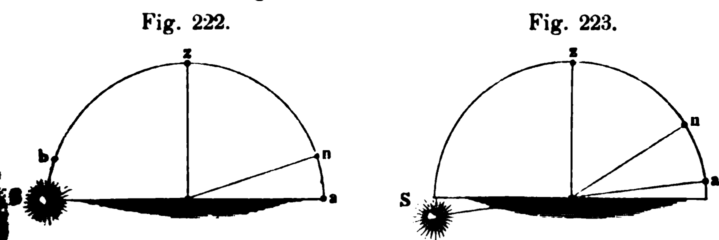


Fig. 222. Fig. 223.

Die Existenz der neutralen Punkte sowohl, wie auch die negative
risation des Himmels in der Nähe des Horizontes (Zusammenfallen
Schwingungsebene der Strahlen mit der Ebene, welche man durch
Sonne, das Auge und den tiefliegenden Punkt des Himmels zerlegt
en kann, von dem die Strahlen kommen) erklärt sich durch die se-
ären Reflexionen, welche das Licht in der Atmosphäre erleidet. Das
t, welches uns irgend ein Punkt des Himmels zusendet, ist zum Theil
t reflectirtes Sonnenlicht, und dieses ist stets positiv polarisirt
wingungsebene rechtwinklig zu der durch die Sonne, das Auge und
beobachteten Punkt gelegten Ebene), zum Theil aber auch Licht,
es bereits von anderen Punkten des Himmels reflectirt worden ist
hier eine abermalige Reflexion erleidet. Die wiederholt in der
sphäre reflectirten Strahlen werden aber zum Theil negative Polari-
n zeigen. Für höhere Punkte des Himmels herrscht die positive, für
e, welche dem Horizonte näher liegen, herrscht die negative Polari-
n vor.

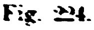
Es versteht sich von selbst, dass alles oben Gesagte nur vom unbe-
kten Himmel gilt. Wolken zeigen keine Polarisation, und bedeu-
e Wolkenmassen stören auch den Polarisationszustand des übrigen
mels.

Hagenbach hat die Beobachtung gemacht, dass nicht allein das
t des blauen Himmels, sondern auch das Licht polarisirt ist, welches
die von der Sonne erleuchteten Luftschichten zusenden, welche zwi-
n uns und entfernten Gebirgszügen liegen. Diese Polarisation zeigt
immer sehr deutlich, wenn der Hintergrund dunkel und die zwischen-
ende Luftschicht nicht zu klein ist. Wenn das entfernte Gebirge

durch die Wirkung des reflectirten Lichtes der zwischenliegend
schichten undeutlich geworden ist, so lassen sie sich mit Hül
passend gestellten Nicol'schen Prismas, welches einen Theil der
Luftschicht reflectirten Strahlen wegnimmt, viel deutlicher sichtbar
Diese Wirkung des Nicols zeigt sich ebenso gut, man mag nun mit
Auge oder durch ein Fernrohr beobachten. Von dem Chrisc
(auf dem rechten Rheinufer bei Basel) aus konnte Hagenbach
schönen Tage die Berner Alpen kaum wahrnehmen, sie wur
deutlich und scharf sichtbar, als er ein Nicol vor das Ocular
röhrchens brachte.

147 **Die Polaruhr.** Eine sehr sinnreiche Anwendung der Po
des blauen Himmels ist Wheatstone's Polaruhr, mittelst d
aus der Lage der Polarisationsebene des sichtbaren Poles des
bei uns also des Nordpols, auf die Zeit schliessen kann.

Im Wesentlichen ist diese Polaruhr nichts anderes, als
den Himmelspol gerichtetes und um seine Axe drehbares P
welches so gefasst ist, dass man die Drehung desselben an e
sprechend
Kreise ablesen
Ermangelung
seren Modells
gur 224 da
die Einrichtu
laruhr zu erl
ist das Rohr
lariskops, an
bei *c* das (
undrehbar ge
festigt ist. D
steckt in de
und kann in
frei um sein
dreht werden
einem passen
befestigte Hül
einen getheil
über dessen
sich ein am
befestigter Z
bewegt, wenn
ab gedreht


Fig. 224.




gur 223 zeigt ... Stunden und Viertelstunden getheil
mit dem ... Zeiger ... Maassstab der Fig. 224
Die Polarisation ... des Himmels ist stets posi

gungsebene der Strahlen, welche uns der Nordpol des Himmels ist rechtwinklig zu dem jeweiligen Stundenkreise der Sonne. der Zeiger so an dem Rohre *ab* befestigt ist, dass er in die gsebene des Ocularnicols fällt, so werden die Farbenstreifen t'schen Polariskops mit schwarzem Mittelstreifen möglichst scheinen, wenn das Rohr *ab* so gedreht ist, dass der Zeiger in des Stundenkreises der Sonne zu liegen kommt.

ens um 6 Uhr muss demnach der Zeiger eine horizontale, Mit-.2 Uhr muss er eine verticale Stellung haben. Die beiden Theilstriche, welche in die durch den Mittelpunkt der Theilung gelegte Horizontale fallen, sind mit 6 bezeichnet; von demjenigen dieser beiden Punkte, welcher bei richtiger Aufstellung des Instrumentes auf der Ostseite liegt, sind die Stunden von 6 weiter gezählt bis zum obersten Theilstrich der Theilung, welcher mit 12 bezeichnet ist; auf dem folgenden Quadranten von 12 bis zum westlichen 6 sind dann die Nachmittagsstunden 1, 2, 3 etc. aufgetragen.

Fig. 225.



er die Sonne im Sommer vor 6 Uhr Morgens auf- und erst r Abends untergeht, und da man den Polarisationszustand des es Himmels schon in der Morgen- und Abenddämmerung beann, ehe noch die Sonne selbst über dem Horizont steht, so e Theilung auf der Ostseite des Kreises auch schon um einige r 6 Uhr Morgens und ist bis auf einige Stunden nach 6 Uhr tgesetzt.

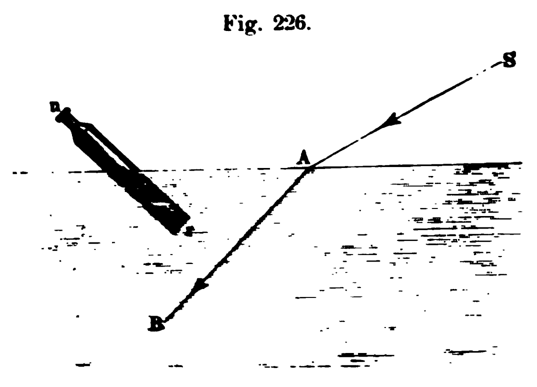
eigung des Rohres *ab* gegen die Horizontale lässt sich beliebig d die Grösse dieser Neigung lässt sich auf dem Gradbogen *lm*

nstrument wird nun so aufgestellt, dass die Verticalebene des len Meridian des Beobachtungsortes fällt, und dann das Rohr dass der Winkel, welchen es mit der Horizontalen macht, gleich höhe des Beobachtungsortes; kurz, man stellt es so auf, dass *b* gerade gegen den Nordpol des Himmels gerichtet ist. Nun ohr *ab* um seine Axe innerhalb der Hülse *df* umgedreht, bis möglichst scharf erscheinen, und dann die entsprechende von angedeutete Zeit auf dem getheilten Kreise abgelesen.

**risation des blauen Wassers.** Soret hat die interes- 148 chtung gemacht, dass auch das Licht des von der Sonne erblauen Wassers der Seeen polarisirt ist. Der Apparat, dessen iente, um diese Thatsache zu constatiren, war ein Rohr *nr*, essen Objectivende durch eine wasserdicht eingesetzte Platte

von Spiegelglas geschlossen war, während ein Nicol'sches Prisma s
Ocularende der Röhre bildete. Taucht man nun an einer Stelle, an
cher das Wasser so tief ist, dass man den Grund nicht mehr sehen k
das Objectivende des Rohres in das Wasser, wie Fig. 226 zeigt, so l
man die Polarisation des durch die Sonnenstrahlen erleuchteten Wa
beobachten, wenn man, in das Rohr hineinschauend, das Nicol um
Axe dreht. Soret hat seine Versuche im Genfersee angestellt, d
Wasser bekanntlich durch eine wunderbar schöne blaue Farbe a
zeichnet ist.

Fig. 226.




Wenn bei ruhigem Wetter die Oberfläche des Wassers mö
eben ist, so werden die parallel mit $SA$, Fig. 226, einfallenden S
strahlen auch parallel mit $AB$ in das Wasser eindringen. M
obachtet nun ein Maximum von Polarisation, wenn das Rohr r
winklig steht zu der Richtung $AB$ der in das Wasser eingedru
Sonnenstrahlen, also am einfachsten, wenn bei entsprechender N
des Rohres die durch seine Axe gelegte Verticalebene mit der V
ebene der Sonne zusammenfällt.

Die Polarisationsebene der unter diesen Umständen in das R
eindringenden Lichtstrahlen fällt mit dieser Verticalebene zusamm
Vibrationen, welche diese Strahlen fortpflanzen, gehen also in horiz
Richtung, rechtwinklig zu der bezeichneten Verticalebene vor sich

Je mehr die Oberfläche des Wassers bewegt ist, desto unv
diger wird die Polarisation, weil dann die Sonnenstrahlen nicht
parallel unter sich, sondern nach den verschiedensten Richtungen
Wasser eindringen. Wenn die Sonne nicht scheint, ist auch keine
liche Polarisation wahrzunehmen, weil in diesem Falle das Was
verschiedenen Seiten her nahezu gleich stark erleuchtet ist. Auc
hellem Sonnenschein ist die Polarisation des Wassers doch nu
partielle, weil die directen Sonnenstrahlen nicht die einzige Erleuch
[illegible] bilden.

Hagenbach fand durch Versuche, welche er im Luzerner See an-
lte, die Beobachtungen Soret's vollkommen bestätigt. Nachdem er
Rohr in die dem Maximum der Polarisation entsprechende Lage,
226, gebracht und seine Stellung gegen den Kahn fixirt hatte, liess
n Kahn langsam eine Drehung um seine verticale Mittellinie machen.
i nahm die Stärke der Polarisation allmälig ab und verschwand end-
ganz, nachdem die Drehung bis auf 180° gewachsen war.

Die eben besprochene Polarisation rührt jedenfalls von einer Re-
ion des Lichtes im Inneren des Wassers her, und überwiegt bedeutend
schwache zu ihr rechtwinklige Polarisation, welche durch die Brechung
in das Wasser eintretenden Strahlen ertheilt wird.

Soret nimmt an, dass sowohl die Farbe als auch die Polarisation
aus dem Wasser austretenden Lichtes von der Reflexion an der
fläche kleiner, im Wasser suspendirter Partikelchen herrühre, während
genbach annimmt, dass sie wenigstens zum Theil durch einfache
xion an der Gränze ungleich erwärmter Wasserschichten bedingt
könne. Durch Reflexion an der Gränze ungleich erwärmter Luft-
hten liesse sich dann auch das blaue Licht und die Polarisation des
melsgewölbes erklären.

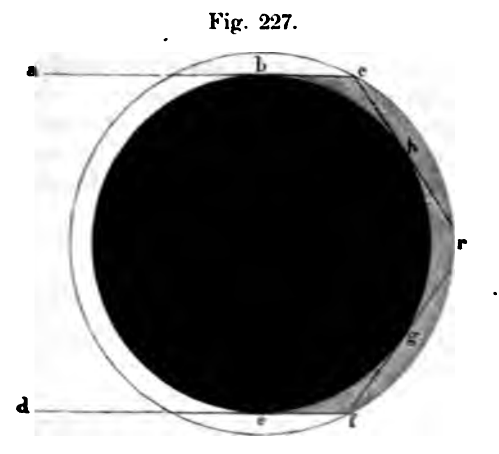
**Die Dämmerung.** Wenn die Luft absolut durchsichtig wäre, so **149**
te gleich nach Sonnenuntergang eine vollständige Finsterniss ein-
n; allein vor Sonnenaufgang sowohl als auch nach Sonnenuntergang
über die Erdoberfläche eine namhafte Zeit hindurch eine ziemliche
gkeit verbreitet, welche lediglich von einer Reflexion und Diffusion
Lichtes in der Atmosphäre herrührt.

Man rechnet gewöhnlich die Dauer der Abenddämmerung von Sonnen-
gang bis zu der Zeit, zu welcher man aus Mangel an Helligkeit die
ten im Freien einstellen muss, oder bis zu dem Zeitpunkte, in wel-
man in einem ziemlich freiliegenden Hause die Kerzen anzuzünden
t. Es ist dies der Fall, wenn die Sonne ungefähr bis zu 6° unter
Horizont hinabgesunken ist. Die astronomische Dämmerung
t aber länger als die eben definirte bürgerliche; sie dauert näm-
is zu der Zeit, in welcher der letzte Schein der Helligkeit am west-
Himmel verschwindet, und dies ist so ziemlich der Fall, wenn die
bis zu 18° unter den Horizont hinabgesunken ist.

Fig. 227 (a. f. S.) stelle einen centralen Durchschnitt der Erde und
Atmosphäre dar; *ac* und *df* seien Sonnenstrahlen, welche den
Erdkern in zwei diametral einander gegenüberstehenden Punkten
en, so ist klar, dass *bcrfe* derjenige Theil der Atmosphäre ist, wel-
nicht von den Sonnenstrahlen getroffen wird. Denken wir uns von
äussersten noch von der Sonne erleuchteten Punkten *c* und *f* der
phäre die Tangenten *ch* und *fg* an die Erdkugel gezogen, so sind
*h* diejenigen Punkte, bis zu welchen sich die astronomische Däm-
g erstreckt; denn für alle Punkte der Erdoberfläche zwischen *b*

und $h$ sowohl, wie zwischen $e$ und $g$, befindet sich noch ein T
von den Sonnenstrahlen erleuchteten Atmosphäre über dem I
In unserer Figur ist nun die Atmosphäre im Verhältniss zum
messer der Erde
hoch angenommen
und deshalb ist n
der Dämmerungsb
in der Zeichnung v
ser ausgefallen, a
der Wirklichkeit i
in der That betr
wir oben gesehen
die Grösse dieses
nur ungefähr 18°.

Fig. 227.




Die Gränze zwis
noch durch Sonne
direct erleuchteten
im Schatten bef
Theile der Atmos
natürlich eben so wenig genau bestimmbar, wie die obere Gr
Atmosphäre überhaupt; doch lässt sich aus dem mittleren We
Dämmerungsbogens wenigstens annähernd die Höhe der Atmos
stimmen; aus einem Dämmerungsbogen von 18° ergiebt sich nä
die Atmosphäre eine Höhe von ungefähr 9 geographischen Meil
diese Höhe hinaus ist wenigstens die Atmosphäre schon in einem
Grade verdünnt, dass sie keine merkliche Reflexion des Lichtes
wirken kann.

Die Dauer der Dämmerung ist für verschiedene Gegenden
sehr ungleich; unter dem Aequator ist sie am kürzesten, sie wi
länger, je mehr man sich den Polen nähert.

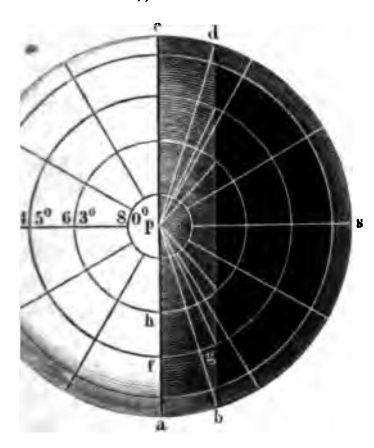
Die Fig. 228 dient, um diese Verhältnisse anschaulicher zu
sie stellt nämlich die Erdkugel in ihren Beleuchtungsverhältn
Zeit der Tag- und Nachtgleiche dar.

Der Kreis $csar$ ist der Erdäquator, welcher mit der E
Papiers zusammenfällt; $p$ ist der Nordpol der Erde; die Erdaxe
Punkte verkürzt. Die in unserer Figur gezogenen concentrische
stellen die Parallelkreise von 23°, 45°, 63° und 80° nördliche
dar. Der zur Linie verkürzte grösste Kreis $cpa$ ist derjenige,
die direct erleuchtete von der beschatteten Erdhälfte trennt (v
Einfluss der atmosphärischen Refraction unberücksichtigt gebli
Macht man den Bogen $cd$ gleich 18°, zieht man $db$ parallel m
ist der zur Linie verkürzte Kreis $db$ derjenige, bis zu welchem
astronomische Dämmerung erstreckt; $cdba$ ist der Dämmerung
Ein jeder Punkt der Erdoberfläche geht nun in Folge d
drehung der Erde in 24 Stunden zweimal durch diesen Däm

ndurch, und es ist leicht einzusehen, dass die Dauer des Ver-
n demselben von der geographischen Breite des Ortes abhän-

einen Punkt des Erdäquators dauert die astronomische Dämmerung so lange, als er braucht, den Bogen $ab$ zu durchlaufen. Dieser Bogen beträgt aber 18°; folglich ist die entsprechende Zeitdauer 72′ oder 1 Stunde 12 Minuten.

Fig. 228.




Für einen Ort, welcher auf dem 45. Breitengrade liegt, dauert die astronomische Dämmerung so lange, als er braucht, um den Bogen $fg$ zu durchlaufen, also nahezu 2 Stunden, da der Winkel $fpg$ gleich 30° ist.

Auf dieselbe Weise ergiebt sich, dass für den 63. Breitengrad die Dauer der astrono-
Dämmerung ungefähr 3 Stunden beträgt.

Ort auf dem 80. Breitengrade gelangt gar nicht mehr bis an tgränze des Dämmerungsgürtels; zur Zeit des Aequinoctiums lso für ihn die Dauer der Dämmerung volle 12 Stunden.

Dauer der bürgerlichen Dämmerung beträgt ungefähr $^1/_3$ von astronomischen; die bürgerliche Dämmerung betrüge demnach des Aequinoctiums:

auf dem Aequator etwas über $^1/_3$ Stunde,
auf dem 45. Breitengrade ungefähr $^2/_3$ Stunde,
auf dem 63. Breitengrade ungefähr 1 Stunde,
auf dem 72. Breitengrade ungefähr 2 Stunden.

Unterschied in der Dämmerungsdauer für verschiedene Breiten in der That noch grösser, als er sich aus den eben durchge-etrachtungen ergiebt, weil das Ende der Dämmerung nicht allein Tiefe der Sonne unter dem Horizonte, sondern auch durch den der Atmosphäre bedingt ist. Je durchsichtiger und reiner die to kürzer ist die Dämmerung, während sie durch zarte in der webende Nebel verlängert wird. So ist denn für einen und den-rt die Dauer der Dämmerung sehr veränderlich. Diejenigen ı, welche sich eines tief blauen Himmels erfreuen, werden eine ısmässig kurze Dämmerung haben. In Chili dauert die Dämme- $^1/_4$ Stunde, zu Cumana ist sie noch kürzer.

haben oben die Dämmerungsverhältnisse für die Zeit der Aequi-

noctien betrachtet; im Sommer sowohl als im Winter wird, wie sich durch eine einfache geometrische Betrachtung nachweisen lässt, die Dämmerungsdauer für alle Breiten etwas grösser.

150 **Luftspiegelung.** Wenn man entfernte Gegenstände betrachtet, so sieht man bisweilen ausser den directen noch umgekehrte Bilder derselben. Diese Bilder, welche ohne sichtbaren Spiegel hervorgebracht werden, nennt man Luftbilder.

Wir wollen uns zunächst mit dieser Erscheinung beschäftigen, wie sie in den Ebenen von Aegypten beobachtet wird.

Der Boden von Niederägypten bildet eine weite Ebene, über welche sich zur Zeit der Ueberschwemmung die Gewässer des Nils verbreiten. An den Ufern des Flusses und bis auf eine grosse Entfernung gegen die Wüste hin sieht man kleine Erhöhungen, auf welchen sich Gebäude und Dörfer erheben. Gewöhnlich ist die Luft ruhig und rein. Wenn die Sonne aufgeht, erscheinen alle entfernten Gegenstände scharf und deutlich; sobald aber die Tageshitze merklich, der Boden durch die Sonnenstrahlen erhitzt wird und die unteren Luftschichten an dieser hohen Temperatur Theil nehmen, so entsteht in der Luft eine Art zitternder Bewegung, welche dem Auge sehr merklich ist und welche auch in unseren Gegenden an heissen Sommertagen beobachtet wird. Wenn nun kein Wind geht und die Luftschichten, welche auf dem Boden ruhen, unbeweglich bleiben, während sie durch die Berührung mit dem Boden erhitzt werden, so entwickelt sich das Phänomen der Luftspiegelung in seiner ganzen Pracht. Der Beobachter, welcher nach der Ferne schaut, sieht noch das directe Bild aller Erhöhungen, der Dörfer, kurz aller hohen Gegenstände; unterhalb derselben sieht er aber ihr verkehrtes Bild, ohne den Boden sehen zu können, auf welchem sie sich erheben; alle diese Gegenstände erscheinen ihm also, als ob sie sich mitten in einem ungeheuren See befänden. Diese Erscheinung wurde während der französischen Expedition in Aegypten oft beobachtet, sie war für die Soldaten ein ganz neues Schauspiel und eine grausame Täuschung. Wenn sie aus der Ferne den Reflex des Himmels, das verkehrte Bild der Häuser und Palmbäume sahen, so konnten sie nicht zweifeln, dass alle diese Bilder durch die Oberfläche eines Sees gespiegelt seien. Ermüdet durch forcirte Märsche, durch die Sonnenhitze und eine mit Sand beladene Luft, liefen sie dem Ufer zu, aber dieses Ufer floh vor ihren Augen: es war die erhitzte Luft der Ebene, welche das Ansehen von Wasser hatte und welche das Spiegelbild des Himmels und aller erhabenen Gegenstände der Erde zeigte. Die Gelehrten, welche die Expedition begleiteten, waren ebenfalls wie das ganze Heer getäuscht; aber die Täuschung war von kurzer Dauer.

In dem englischen Reisewerke „Scenes in Ethiopia drawn and described by J. M. Bernatz, London 1852“ finden sich ausgezeichnete bildliche Darstellungen dieses merkwürdigen Phänomens, welches auch in

lichen Theil von Abessinien häufig gesehen wird. Tab. XV. ist die ie eines solchen Luftspiegels, welchen Bernatz im Thal Dullul be- :htete. Das ganze 3 bis 4 englische Meilen breite und 18 Meilen ;e Thal erschien wie mit einem herrlichen See bedeckt, aus dessen te eine Felseninsel hervorragte.

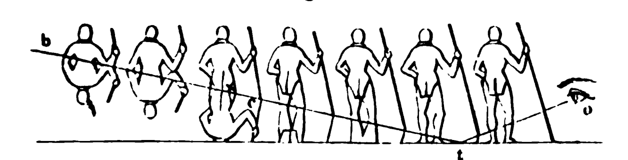
Karavanen, welche durch das Thal dahinziehen, sind durch den Luft- gel ganz unsichtbar, und wenn sie sich dem Rande des scheinbaren ı nähern, sieht es aus, als ob sie förmlich im Wasser wateten, indem obere Theil der Körper der Thiere und Menschen über den Spiegel aucht, während der untere Theil noch unsichtbar bleibt.

Der Luftspiegel verschwand, wie Bernatz berichtet, wenn ein kenschatten über denselben hinzog, und das ganze Thal sammt allen elbe umgebenden Bergen erschienen alsdann in ihrem natürlichen tande; sobald er aber vorüber war und die Sonne wieder schien, zeigte die Luftspiegelung wieder in voller Klarheit.

Bernatz machte ferner die interessante Beobachtung, dass der spiegel steigt, wenn der Beobachter auf den Bergen, welche das Thal chliessen, hinaufsteigend sich mehr und mehr über die Thalsohle er- :, so dass endlich der ganze Felsen, welchen wir in der Mitte unseres es sehen, vollkommen unter den Luftspiegel untertaucht und für das e verschwindet.

Biot und Mathieu haben bei Dünkirchen am Ufer des Meeres auf r sandigen Ebene, welche sich bis zum Fort Risban erstreckt, ähn- ı Erscheinungen beobachtet, und Biot hat eine vollständige Erklä- ; derselben gegeben. Er hat gezeigt, dass unter gewissen Umständen einem Punkte $t$, Fig. 229, aus, welcher sich in einiger Entfernung dem Beobachter befindet, man sich eine Linie $tcb$ gezogen denken

Fig. 229.



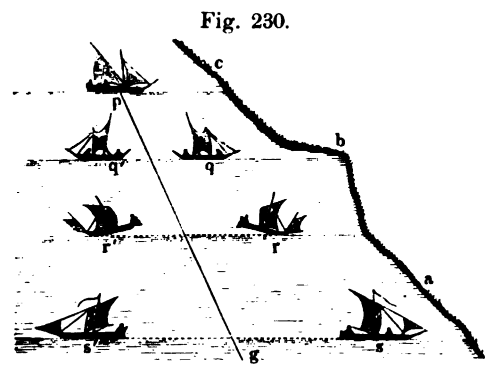

ı, so dass alle Gegenstände, welche sich unter derselben befinden, :htbar bleiben, während man von den Gegenständen, welche sich bis ıner gewissen Höhe über derselben befinden, zwei Bilder sieht, ein tes über und ein verkehrtes unter dieser Linie. Ein Mensch also, her sich allmälig von dem Beobachter entfernt, wird der Reihe nach 'erschiedenen in Fig. 229 dargestellten Erscheinungen geben.

Offenbar gehört hierher auch eine Erscheinung, welche man manch- an Orten beobachtet, für welche der westliche Horizont frei ist und ıe darin besteht, dass man die untergehende Sonne doppelt sieht, dass man zwei in verticaler Richtung etwas abgeplattete Bilder der e sieht, von welchen das eine gerade unter dem anderen liegt.

In allen bisher betrachteten Fällen waren die Bilder über oder dem Gegenstande selbst. Im September 1818 beobachteten Sor Jurine auf dem Genfersee ein Luftbild, welches seitwärts vom stande lag; sie befanden sich am Ufer des Sees im zweiten Sto Jurine's Hause und sahen mit dem Fernrohre in der Richtu Fig. 230, nach einem Schiffe, welches sich in einer Entfernu zwei Meilen dem Vorgebirge Belle-Rive gegenüber befand un Genf segelte. Während das Schiff allmälig nach $q$, $r$ und $s$ kan sie ein deutliches Bild zur Seite in $q'$, $r'$, $s'$, welches sich wie di selber näherte, während die Entfernung des Schiffes und seine grösser wurde. Wenn die Sonne die Segel beleuchtete, war das hell, dass man es mit blossen Augen sehen konnte.

Diese Erscheinung erklärt sich dadurch, dass die Luft über am östlichen Ufer Morgens noch eini im Schatten war, sie weiter links sch die Sonne erwärmt so konnte die Tre fläche der warmen ten Luft bis zu ei ringen Höhe üb Wasser vertical sei

Fig. 230.




Folgendes ist di rung, welche Mo diesen Luftbildern und in den „Mém l'Institut d'Egypte" bekannt gemacht hat:

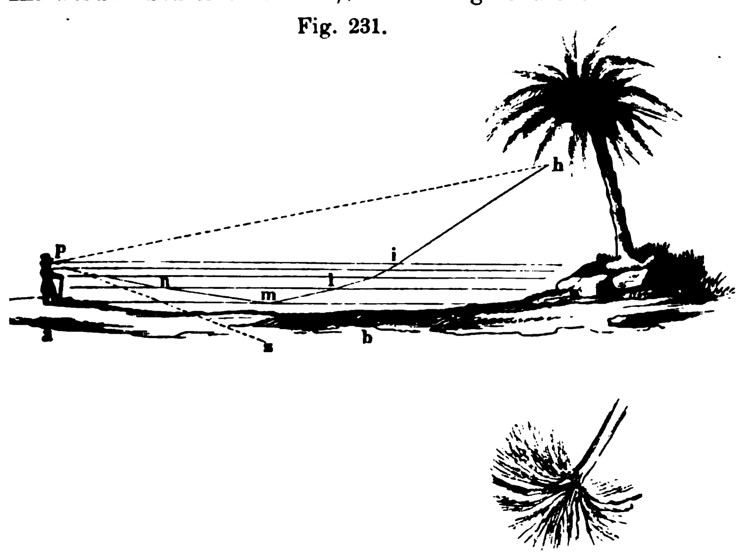
Bei starker Sonnenhitze und ruhiger Luft ist es möglich, unteren Luftschichten, welche, von dem Boden erhitzt, eine g Dichtigkeit besitzen als die höheren kälteren, ruhig auf dem Bo gebreitet bleiben und nicht aufsteigen. Dies vorausgesetzt, Figur 231, der horizontale Boden, $h$ irgend ein erhabener Punl wollen nun untersuchen, auf welche Weise das Licht von $h$ Auge des in $p$ befindlichen Beobachters gelangen kann. Zunächst dass das Auge ein directes Bild des Punktes $h$ in der Richtung $p$ die Strahlen werden zwar nicht in einer absolut geraden Lini nach $p$ gelangen, weil die Luft nicht überall gleiche Dichtigkeit werden aber doch nur eine unbedeutende Ablenkung erleiden, höchstens eine geringe Hebung oder Senkung des directen Bil stehen kann.

Unter den Strahlen, welche der Punkt $h$ nach allen Richtun sendet, sind aber auch solche, welche den Weg $hilmnp$ verfol welche also in der Richtung $pz$ ins Auge gelangend ein verkeh des Gegenstandes geben. In der That wird der Strahl $hi$, wen

a weniger dichte Luftschicht trifft, so gebrochen werden, dass er sich
a Einfallslothe entfernt; ebenso wird er sich wieder vom Einfallslothe
fernen, wenn er auf die nächste, abermals weniger dichte Luftschicht
ft u. s. w. So wird denn die Richtung der Strahlen immer schräger,
sie endlich aus der Schicht, in welcher sie sich befinden, nicht mehr
eine noch dünnere übergehen können; sie werden reflectirt und ge-
gen in der Richtung *mnp* in das Auge.

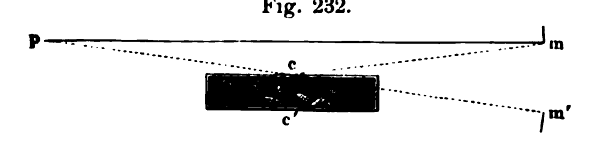
In unserer Figur ist der Weg der Strahlen als eine gebrochene Linie
ichnet worden; da aber die Dichtigkeit der Luftschichten nach dem
en hin allmälig abnimmt, so werden auch die Strahlen allmälig ab-
nkt werden und eine krumme, nicht eine gebrochene Linie bilden.

Fig. 231.




Der folgende Versuch mag dienen, diese Erklärung zu erläutern,
sich er nur eine schwache Nachahmung der Luftspiegelung ist. Es
*c′*, Fig. 232, ein Kasten von Eisenblech, ungefähr 1 Meter lang,
is 18 Centimeter hoch und breit; er wird mit glühenden Kohlen

Fig. 232.




llt und ungefähr in die Höhe des Auges gebracht. Wenn man nun
über die obere Fläche des Kastens hinsieht, so erblickt man in der
tung *pm* das directe, in der Richtung *pm′* aber das verkehrte Bild
s entfernten Visirpunktes *m*. An den Seitenwänden des Kastens
n man dieselbe Erscheinung beobachten.

Die gleiche Erscheinung beobachtete ich in den ersten Nachmitta
stunden an den horizontalen Sandsteinplatten, welche eine niedrige, br
Mauer deckten, als dieselben durch die Strahlen der Julisonne stark
hitzt worden waren.

Als Prof. R. Ball auf dem Decke eines Dampfschiffes in sol
Stellung den aufgehenden Mond beobachtete, dass die Gesichtslinie u
einem Winkel von 20 Minuten den Schornstein streifte, sah er plöt
das Licht des Gestirns in solchem Glanz von der schwarzen Fläche
flectirt, dass es schwer hielt, nicht zu glauben, der Effect rühre von ei
Spiegel her.

151 **Die Kimmung.** Eine mit der Luftspiegelung verwandte Ers
nung ist die, dass man Gegenstände, die für gewöhnlich am Hori
erscheinen oder selbst von demselben verdeckt sind, über denselben i
Höhe gehoben erblickt. Wenn man z. B. von Ramsgate aus mit
Fernrohr nach Dover hinschaut, so erblickt man bei schönem W
die Spitzen der vier höchsten Thürme des Schlosses zu Dover. Der
des Gebäudes ist hinter einem Bergrücken verborgen, welcher ung
12 englische Meilen weit vom Beobachter entfernt ist. Am 6. A
1806, Abends gegen 7 Uhr, war Vince sehr erstaunt, nicht allei
vier Thürme, sondern das ganze Schloss bis zum Boden zu erbli
Dies war offenbar eine Wirkung der atmosphärischen Refraction. W
der sehr ungleichen Erwärmung und Dichtigkeit waren die Luftstr
in krummer Linie ins Auge gelangt.

Fig. 233.

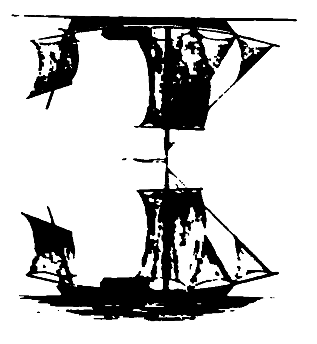
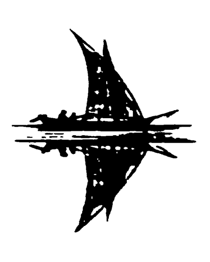


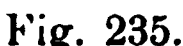
Fig. 234.



Derselbe Physiker hat noch ähnliche Erscheinungen beobachte
dem er mit einem guten Teleskope die sich nähernden und entferne
Schiffe betrachtete; so sah er z. B. eines Tages ein Schiff gerade am
rizonte; er konnte es ganz deutlich unterscheiden. Zu gleicher Zei
er aber auch gerade über demselben ein ganz regelmässiges, umgeke
Bild desselben, so dass die Spitzen der Masten des directen und des
kehrten Bildes zusammenstiessen, wie dies Fig. 233 dargestellt ist.
anderes Mal sah er von einem Schiffe, dessen Masten erst über dem

te waren, zwei vollständige Bilder, Fig. 232, ein aufrechtes und ein hrtes.

Solche Erscheinungen der ungewöhnlichen Brechung und Luftspieg, welche auf dem Meere öfter beobachtet werden, sind unter dem n der **Erhebung**, des **Seegesichtes** oder der **Kimmung** bekannt. esby hatte in den grönländischen Meeren häufig Gelegenheit, sie zunehmen. Bald sah er entfernte Schiffe in verticaler Richtung verrt oder zusammengedrückt, bald sah er doppelte Bilder, ein aufes und ein verkehrtes, von Schiffen, welche in einer Entfernung von emeilen, also noch vollständig unter dem Horizonte waren. Alle Erscheinungen rühren nur von der ungleichen Temperatur und igkeit der verschiedenen Luftschichten her.


Fig. 235.



Die Erscheinung der Kimmung habe ich wiederholt am **Bodensee** hen Gelegenheit gehabt. Von Ueberlingen aus sieht man in der ing nach Meersburg hinschauend, ein kleines Vorgebirge unter inlichen Umständen, so wie es Fig. 235 zeigt, durch Kimmung erscheint es manchmal gehoben, Fig. 236, gerade so als ob man es

Fig. 236.

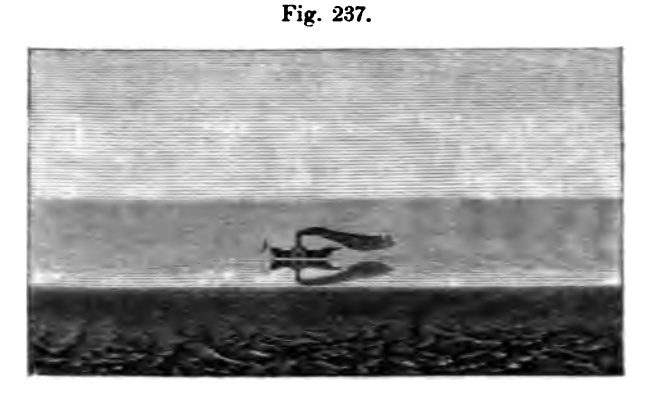


inem **bedeutend** höheren Standpunkte aus beobachtete. — Manchkann man von Constanz aus das Ufer mit dem Fuss der Gebäude

von Friedrichshafen über den Horizont gehoben erblicken, während gewöhnlich von demselben verdeckt erscheint. — An Schiffen, welche weit entfernt sind, dass sie unter gewöhnlichen Umständen in oder a hinter dem normalen Wasserhorizonte erscheinen würden, habe ich einem kleinen Handfernrohr die Erscheinung wahrgenommen, wie si Fig. 237 dargestellt ist, so dass nicht allein das Schiff ziemlich hoch i dem Horizont gehoben erschien, sondern auch noch sein Spiegelbil Wasser sichtbar wurde.

Diese Erscheinung rührt offenbar daher, dass die Dichtigkeit unteren Luftschichten mit der Erhöhung über den Boden ungewöh rasch abnimmt, so dass die vom Gegenstand aus ins Auge gelange

Fig. 237.



Lichtstrahlen nicht eine gerade, sondern eine mehr oder weniger nach oben gewölbte Linie beschreiben. Es wird dies, wie Zech (Jel Zeitschrift für Meteorologie II. Bd.) richtig bemerkt, namentlich dan Fall sein müssen, wenn bis zu einer gewissen Gränze die höheren schichten wärmer sind als die tieferen. — Unter Umständen brin rasch nach oben abnehmende Dichtigkeit der Luft nicht allein ein hebung, sondern auch eine nach oben gerichtete Luftspiegelung b wie das in Figur 233 dargestellte Beispiel zeigt.

Die Bilder ferner Gegenstände, welche uns durch aussergewöh atmosphärische Refraction und Luftspiegelung sichtbar werden, k uns aber, wenn die Dichtigkeit der verschiedenen Luftschichten ein regelmässig wechselnde ist, nicht allein verzerrt, sondern auch in währender Bewegung erscheinen, wie dies bei der unter dem Name Fata Morgana zu Neapel, zu Reggio und an den Küsten Sicilien kannten Erscheinung der Fall ist. Auf einmal sieht man in grosser fernung in den Lüften Ruinen, Säulen, Schlösser, Paläste, kurz eine M von Gegenständen, deren Anblick sich fortwährend ändert. Das Volk st dann dem Ufer zu, um dieses sonderbare Schauspiel anzusehen. I feenhafte Erscheinung beruht darin, dass Gegenstände sichtbar werden man bei dem gewöhnlichen Zustande der Atmosphäre nicht sehen kann

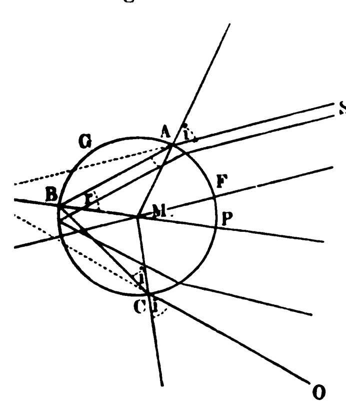
ssen, verzerrt und in fortwährender Bewegung zu sein schei- ungleich dichten Luftschichten in steter Bewegung sind.

**:egenbogen.** Es ist allgemein bekannt, dass man einen sieht, wenn man eine regnende Wolke vor sich und die Sonne at. Der Regenbogen bildet gleichsam die Basis eines Kegels, itze das Auge steht und dessen Axe mit der geraden Linie lt, welche man durch die Sonne und das Auge legen kann. eben angegebenen Bedingungen erscheint der Regenbogen Staubregen der Wasserfälle und Springbrunnen. 152

Regenbogen zu erklären, muss man den Weg der Sonnen- :h die Regentropfen verfolgen.

in Sonnenstrahl $SA$, Fig. 238, einen Regentropfen trifft, so ›chen, und es ist leicht, die Richtung des gebrochenen Strahls chnen oder zu construiren. Bezeichnet man den Einfallswinkel mit $i$, den Brechungswinkel mit $r$, so ist $sin.\, i = 1{,}33\ sin.\, r$, weil 1,33 der Brechungsexponent für Wasser ist. In $B$ wird der Strahl theils gebrochen, theils gespiegelt; der gespiegelte Strahl trifft in $C$ von Neuem die Oberfläche des Tropfens und wird nach der Richtung $CO$ gebrochen. Verlängert man die Linien $SA$ und $OC$, so schneiden sie sich in $N$. Der

Fig. 238.




$C$, den wir mit $d$ bezeichnen wollen, ist der Winkel, welchen de Sonnenstrahl mit dem einfallenden macht, und die Grösse s soll zunächst bestimmt werden. Ziehen wir in dem Punkte m der Strahl gespiegelt wird, das Einfallsloth $BN$, so ist $BNA = \frac{1}{2}\, d$. Der Winkel $PMA$ ist, wie leicht einzu- (als Aussenwinkel des Dreiecks $MBA$), und da $2r$ auch nkel des Dreiecks $MAN$ ist, so haben wir

$$\frac{1}{2}\, d = 2r - i;$$

ıkel $MAN$ ist gleich $i$. Daraus folgt aber

$$d = 4r - 2i \quad \ldots\ldots\ldots \quad 1)$$

Werth von $d$ zeigt, dass der Winkel der eintretenden und Sonnenstrahlen mit der Grösse des Einfallswinkels sich än-

dert; denn von $i$ hängt $r$ und von beiden hängt $d$ ab. Je nachdem die unter sich parallel eintretenden Sonnenstrahlen in verschie Punkten den Regentropfen treffen, erleiden sie auch nach zweim Brechung und einmaliger Spiegelung verschiedene Ablenkungen. einfallende Strahl, dessen Verlängerung durch den Mittelpunkt des Tr geht, erleidet gar keine Ablenkung, denn für diesen Strahl ist $i$ wenn aber $i = 0$, so sind auch $r$ und $d$ gleich Null. Je mehr m Einfallspunkt nach $A$ hinrückt, desto grösser wird $i$, und die stetig änderung von $i$ hat auch eine stetige Veränderung von $d$ zur Folg ist leicht, zu jedem $i$ das zugehörige $r$ und dann das zugehörige Gleichung 1) zu berechnen, wie es in folgender Tabelle für einige von $i$ geschehen ist. Es ist hierbei 1,33 als Brechungsexponen Uebergang der Lichtstrahlen aus Luft in Wasser angenommen.

| $i$ | $r$ | $d$ |
|---|---|---|
| 10° | 7°30′ | 10° |
| 20 | 14 54 | 19 36′ |
| 30 | 22 5 | 28 20 |
| 40 | 28 54 | 35 36 |
| 50 | 35 10 | 40 40 |
| 60 | 40 37 | 42 28 |
| 70 | 44 57 | 39 48 |
| 80 | 47 46 | 31 4 |
| 90 | 48 45 | 15. |

Nach dieser Tabelle ist die obere Curve der Figur 1 Tabelle 1 struirt, welche das Verhältniss anschaulich macht, in welchem d fallswinkel $i$ zur Ablenkung $d$ steht. Die verschiedenen Werthe sind als Abscissen, die zugehörigen Werthe von $d$ als Ordinate getragen. Man ersieht aus dieser Figur sehr deutlich, wie mit mendem Werthe von $i$ auch die Ablenkung wächst, bis sie ein Ma erreicht, wenn $i$ gegen 59 bis 60° ist. Wächst $i$ noch mehr, so die Ablenkung wieder ab.

Aus dem eben Gesagten folgt nun unmittelbar, dass die paral den Tropfen fallenden Sonnenstrahlen, die wir bisher betrachtet nach ihrem Austritte aus dem Tropfen divergiren. Es ist begr dass durch diese Divergenz der aus dem Tropfen kommenden St die Stärke des Lichteindrucks, den sie hervorbringen, ganz ausser lich geschwächt wird, namentlich, wenn die Tropfen in einer nur bedeutenden Entfernung vom Auge sich befinden. Unter allen au Tropfen nach zweimaliger Brechung und einmaliger Spiegelung in kommenden Strahlen können demnach nur diejenigen einen merl Lichteindruck machen, für welche diese Divergenz ein Minimum is mit anderen Worten, nur diejenigen, welche sehr nahe parallel au Suchen wir nun in der Curve $ABC$ (Fig. 1, Tab. 11) diejenige

» bei gleichmässiger Veränderung der Abscissen $i$ die Ablenkung sich rhältnissmässig am wenigsten ändert, so finden wir, dass dies der Fall , wenn die Ablenkung ein Maximum ist; denn an dieser Stelle ist die rve fast horizontal. Für alle Einfallswinkel $i$, welche selbst einige inuten grösser oder kleiner sind als 59° 30′, ist die Ablenkung fast ganz iselbe, sie beträgt sehr nahe 42° 30′; eine ziemliche Menge parallel einlender Sonnenstrahlen verlässt also den Tropfen fast in derselben Richng, nachdem sie eine Ablenkung von sehr nahe 42° 30′ erlitten haben; d diese Strahlen werden unter allen aus dem Tropfen kommenden ein einen merklichen Lichteindruck hervorbringen können.

Dasselbe Resultat, welches wir eben auf graphischem Wege abgeleitet ben, lässt sich aber auch in folgender Weise durch Rechnung erhalten.

Wenn der Einfallswinkel $i$ um eine ganz kleine Grösse $i'$ wächst r abnimmt, so wird $r$ um $r'$ wachsen oder abnehmen und $d$ die Aendeng $d'$ erleiden. Die Gleichung 1) wird alsdann

$$d + d' = 4r + 4r' - 2i - 2r' \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 2)$$

handelt sich nun darum, denjenigen Werth von $i$ zu finden, für wel- die Aenderung um die kleine Grösse $i'$ keine Aenderung von $d$ zur ge hat, für welchen also $d' = 0$ wird. Aus der Combination der ichungen 1) und 2) folgt

$$d' = 4r' - 2i',$$

› für den Fall, dass $d' = 0$ wird

$$i' = 2r' \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 3)$$

nd $r$ sind aber durch die Gleichung

$$sin.\, i = n\,.\,sin.\, r \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 4)$$

bunden, wenn $n$ den Brechungsexponenten aus Luft in Wasser bechnet, wir haben also auch

$$sin.\,(i + i') = n\,sin.\,(r + r')$$

r

$$sin.\, i\; cos.\, i' + cos.\, i\; sin.\, i' = n\,.\,sin.\, r.\; cos.\, r' + n\, cos.\, r\,.\,sin.\, r',$$

aber $i'$ und $r'$ sehr klein sind, so kann man

$$cos.\, i' = cos.\, r' = 1,\; sin.\, i' = i' \text{ und } sin.\, r' = r'$$

sen und demnach wird die vorige Gleichung

$$sin.\, i + i'\, cos.\, i = n\,.\,sin.\, r + n r'\, cos.\, r'$$

l wenn man von dieser Gleichung die Gleichung 4) abzieht

$$i'\, cos.\, i = n r'\, cos.\, r.$$

aus wird, wenn man für $i'$ seinen Werth aus Gl. 3) setzt

$$2\, r'\, cos.\, i = n r'\, cos.\, r$$

$$2\, cos.\, i = n\, cos.\, r.$$

d diese Gleichung aufs Quadrat erhoben, so kommt:

$$4\,.\, cos.\, i^2 = n^2\, cos.\, r^2$$

$$4(1 - sin.\,i^2) = n^2(1 - sin.\,r^2)$$

und wenn man für $sin.\,i$ seinen Werth aus Gl. 4) setzt:

$$4(1 - n^2 sin.\,r^2) = n^2(1 - sin.\,r^2)$$

oder nach einigen Umformungen

$$sin.\,r = \frac{1}{n}\sqrt{\frac{4 - n^2}{3}}$$

und

$$sin.\,i = \sqrt{\frac{4 - n^2}{3}}$$

Setzen wir für $n$ seinen Zahlenwerth 1,33, so kommt

$$sin.\,i = 0{,}86238 \text{ also } i = 59^0\ 35'.$$

wonach ferner

$$sin.\,r = \frac{0{,}86238}{1{,}33} = 0{,}6483 \text{ also } r = 40^0\ 25'$$

und endlich

$$d = 42^0\ 30'.$$

Man denke sich durch die Sonne und das Auge des Beobachters gerade Linie $OP$, Fig. 239, gezogen, und durch dieselbe eine Verti ebene gelegt. Man ziehe ferner durch $O$ eine Linie $OV$, so dass Winkel $POV = 42^0\ 30'$, so werden nach dieser Richtung hin sich findende Regentropfen nach einmaliger innerer Spiegelung wirk Strahlen ins Auge senden. Jedoch nicht allein in dieser Richtung pfängt das Auge wirksame Strahlen, sondern, wie leicht begreiflich,

Fig. 239.



allen Regentropfen, die in der Kegeloberfläche liegen, die durch drehung der Linie $OV$ um die Axe $OP$ entsteht; das Auge wird einen lichten Kreis sehen, dessen Mittelpunkt auf der von der S durch das Auge gezogenen Geraden liegt und dessen Halbmesser u einem Winkel von $42^0\ 30'$ erscheint.

Bei der obigen Betrachtung wurde 1,33 als Brechungsexpone Rechnung gebracht. Es ist dies aber der Brechungsexponent der rot

rahlen, das Auge sieht also in der erwähnten Richtung einen rothen reis, der als ein rother Ring von 30′ Breite erscheint, weil die Sonne cht ein Punkt, sondern eine Scheibe ist, die den scheinbaren Durchmser von 30′ hat. Für violette Strahlen ist der Brechungsexponent 1,34, d daraus ergeben sich folgende zusammengehörige Werthe von $i$ und $d$:

| $i$ | $d$ | $i$ | $d$ |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 50° | 39° |
| 10° | 9° 40′ | 60 | 40 28′ |
| 20 | 18 57 | 70 | 37 28 |
| 30 | 27 22 | 80 | 28 28 |
| 40 | 34 20 | 90 | 12 18 |

Nach diesen Zahlen ist die unterste Curve (Fig. 1, Tab. 11) construirt. Das Maximum der Ablenkung, welche die violetten Strahlen h einmaliger innerer Spiegelung im Tropfen erleiden, ist demnach e 40° 30′; dies ist also die Richtung, in welcher die wirksamen violetten Strahlen austreten. Es wird also concentrisch mit dem rothen ein letter Kreisbogen von geringerem Halbmesser sichtbar sein, welcher ichfalls eine Breite von 30′ hat. Zwischen diesen äussersten Bogen heinen die der übrigen prismatischen Farben, und so bildet also gewissermaassen der Regenbogen ein zu einem kreisförmigen Bogen ausgentes Spectrum. Die ganze Breite des Regenbogens beträgt ungefähr da ja der Halbmesser des rothen Bogens um 2° grösser ist als der des letten.

Was den Umfang des farbigen Bogens betrifft, so hängt er offenbar der Höhe der Sonne über dem Horizonte ab. Wenn die Sonne untergeht, so erscheint der Regenbogen im Osten, der Mittelpunkt Bogens liegt dann gerade im Horizonte, weil die durch die Sonne und Auge gezogene Linie eine horizontale ist; wenn der Beobachter in Ebene steht, so bildet der Regenbogen gerade einen Halbkreis; er n aber mehr als einen Halbkreis übersehen, wenn er auf einer isom Bergspitze von geringer Breite oder auf einem hohen Thurme steht. Sonnenaufgang erscheint der Regenbogen im Westen. Je höher die ne steigt, desto tiefer liegt der Mittelpunkt des farbigen Bogens unter Horizont, desto kleiner ist also das dem Auge sichtbare Bogenstück. nn die Sonne 42° 30′ hoch steht, ist für einen in der Ebene stehenden bachter gar kein Regenbogen mehr sichtbar, weil alsdann der Gipfel elben gerade in den Horizont, der ganze Bogen also unter den Horit fallen würde. Von den Masten der Schiffe sieht man oft Regenen, welche einen ganzen Kreis bilden; solche ganze kreisförmige enbogen sieht man auch oft an Wasserfällen und Springbrunnen.

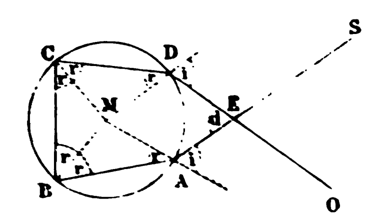
Ausser dem eben besprochenen Hauptregenbogen sieht man gemlich noch einen zweiten grösseren, mit dem ersteren concentrischen, Nebenregenbogen, bei welchem die Ordnung der Farben die umehrte ist; beim äusseren Regenbogen ist nämlich das Roth innen, das

Violett aussen. Der Nebenregenbogen ist weit weniger lichtstark al
innere, er erscheint weit blasser. Man hatte früher die irrige An
der Nebenregenbogen sei gleichsam ein Spiegelbild des Hauptr
bogens. Die Entstehung des äusseren Regenbogens beruht auf den
Principien wie die des inneren, er entsteht durch Sonnenstrahlen, 
in den Regentropfen eine zweimalige Brechung und eine zweim
innere Reflexion erlitten haben.

In Fig. 240 ist der Gang eines Lichtstrahles dargestellt, w
derselbe im Regentropfen nimmt, um ihn nach zweimaliger innere
gelung zu verlassen. $SA$ ist der einfallende Sonnenstrahl, welche
$AB$ gebrochen, dann in $B$ und $C$ gespiegelt wird und bei $D$
Richtung $DO$ wieder austritt. In diesem Falle schneiden sich d
fallende und der austretende Strahl und bilden einen Winkel $d$ m
ander, dessen Grösse veränderlich ist, je nachdem der einfallende
den Tropfen an einer anderen Stelle, also unter einem anderen E
winkel, trifft. Suchen wir nun den Werth des Ablenkungswinke
ermitteln.

Die Summe aller Eckwinkel des Fünfecks $ABCDE$ betr
dies bei jedem Fünfeck der Fall ist, 6 Rechte oder 540°. Um de
kel $d$ zu finden, haben wir also nur von 540° die Eckwinkel bei 
und $D$ abzuziehen; jeder der Eckwinkel bei $B$ und $C$ beträgt 

Fig. 240.




sammen machen sie also $4r$ 
Winkel bei $D$ sowohl als de
ist aber gleich $r$ + dem
$MDE$; für den Winkel
können wir aber seinen We
— $i$ setzen, folglich ist der
$CDE$ gleich $r$ + 180 —
beiden Eckwinkel bei $A$ und
also zusammen $2r$ + 360
wir haben also:

$$d = 540 - 4r - (2r + 360 - 2i)$$

oder

$$d = 180^\circ + 2i - 6r.$$

Nach dieser Formel ergeben sich folgende zusammengehörige
des Einfallswinkels $i$ und des Ablenkungswinkels $d$ für violet
rothes Licht:

| Einfallswinkel | Ablenkungswinkel | |
|---|---|---|
| | für Roth | für Violett |
| 0 | 180° | 180° |
| 40 | 86 36′ | 88 0′ |
| 60 | 56 18 | 58 24 |
| 70 | 50 18 | 53 24 |
| 80 | 53 24 | 56 12 |
| 90 | 68 30 | 70 18 |

Wenn ein rechtwinklig auf den Tropfen fallender Strahl, an der ckwand des Regentropfens reflectirt, die Vorderfläche wieder trifft, so t er zum Theil in der Richtung wieder aus, in der er gekommen war, r Winkel des eintretenden und des austretenden Strahls ist für diesen ll gleich Null; zum Theil erleidet er aber an der Vorderwand eine ite Reflexion und tritt dann in einer Richtung aus, welche die Verngerung des einfallenden Strahls bildet; die Ablenkung ist alsdann 180°. llt der einfallende Strahl nicht rechtwinklig auf den Tropfen, so nimmt Totalablenkung nach zweimaliger innerer Spiegelung ab, wenn der nfallswinkel wächst. Für einen Einfallswinkel von ungefähr 71° ist Ablenkung ein Minimum, und zwar beträgt sie für die rothen Strahn ungefähr 50°, für violette nahe 53½°. Für noch grössere Einfallsnkel nimmt die Ablenkung wieder zu.

Nach den Zahlen der letzten Tabelle sind die beiden Curven der g. 2 auf Tab. 11 construirt, und zwar gilt die untere für die rothen, obere für die violetten Strahlen. Man sieht aus dem Anblick der gur, dass in der Nähe des Minimums der Ablenkung eine kleine Verderung des Einfallswinkels keine bedeutende Veränderung in der Abkung hervorbringt, dass also in der Richtung der kleinsten Ablenkung Bündel ziemlich paralleler Strahlen austritt, und diese Strahlen sind einzigen unter allen, welche, den Tropfen nach zweimaliger innerer iegelung verlassend, einen merklichen Lichteindruck hervorbringen nnen. Aus der für den ersten Regenbogen entwickelten Schlussweise giebt sich, dass man unter den geeigneten Umständen einen rothen gen sehen wird, dessen Halbmesser unter einem Winkel von 50°, und en violetten, dessen Radius unter einem Winkel von 53½° erscheint. e Breite des zweiten Regenbogens beträgt also ungefähr 3½°.

Der Zwischenraum der beiden Regenbogen beträgt ungefähr 7½°.

Der äussere Regenbogen ist blasser, weil er durch Strahlen gebildet rd, welche eine zweimalige innere Spiegelung erlitten haben, indem s Licht bei jeder Spiegelung eine Schwächung erleidet. Man würde ch einen dritten und einen vierten Regenbogen sehen können, welche rch Strahlen gebildet werden, die eine dreimalige und eine viermalige nere Spiegelung erlitten haben, wenn diese Strahlen nicht zu lichtwach wären.

**Secundäre Regenbogen.** Im vorigen Paragraphen wurde nur 153 Haupterscheinung des Regenbogens betrachtet, welche er jedesmal ne wesentliche Veränderung zeigt; es kommt indessen noch eine inessante Nebenerscheinung vor, die nur unter besonderen Umständen d nicht immer in ganz gleicher Weise eintritt, nämlich die sogenannten cundären oder überzähligen Regenbogen.

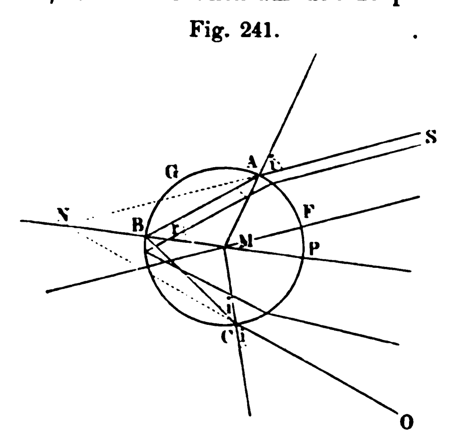
Die überzähligen Regenbogen bestehen darin, dass der Hauptgenbogen nach Innen, und manchmal auch der Nebenregenbogen h Aussen nicht mit dem Violett abschliesst, sondern, dass sich jen-

seits des Violett noch mehrere, meist abwechselnd grün und roth
anschliessen. Diese secundären Bogen erscheinen in der Regel
obersten Theile der primären, indem sie nach beiden Seiten hin
matter werden und lange bevor sie den Fuss erreichen, ganz versc

Venturi sucht die überzähligen Regenbogen durch die .
zu erklären, dass die herabfallenden Regentropfen zum Theil w
eine abgeplattete Gestalt haben (Gilb. Ann. LII, 1816), d. h., da
Gestalt eines Umdrehungsellipsoides haben, dessen verticale Um
axe kleiner ist, als sein Aequatorialdurchmesser. In der Tha
solche Tropfen, welche in oder nahe der Verticalebene der Son
einen niedrigeren Hauptregenbogen liefern als die kugelförmige
anderen Einwendungen, die sich gegen diese Hypothese mach
lässt sich gegen dieselbe besonders geltend machen, dass m
den kugelförmigen Tropfen, welche den normalen Regenbogen li
jeden secundären Bogen die Existenz von Tropfen eines bestim
plattungsgrades annehmen muss, ohne dass Zwischenformen vo

Nach Young sind die überzähligen Regenbogen als ei
ferenzphänomen zu betrachten. Aus dem vorigen Paragraph
wir, dass unter allen auf den Tropfen fallenden Sonnenstrahle

Fig. 241.




jenigen als wirksame
austreten, für welche
maliger innerer Reflexi
lenkungswinkel $d$ ein
ist. In Fig. 241 sei nu
jenige Bündel einfallend
strahlen, welches in der
$CO$ als ein wirksames
bündel austritt, so w
zwischen $A$ und $F$
Tropfen fallenden Sonn
sowie alle diejenigen, 
zwischen $A$ und $G$ tre
einmaliger innerer Re
einer Richtung austret
mit der Richtung der einfallenden Sonnenstrahlen einen kleiner
macht als $CO$. Einem jeden zwischen $F$ und $A$ einfallenden S
aber ein anderer zwischen $A$ und $G$ den Tropfen treffender en
welcher mit dem ersteren nach einmaliger innerer Reflexion de
in gleicher Richtung verlässt. Diese beiden Strahlen mü
nothwendig interferiren, da sie innerhalb des Tropfens ve
Wege zurückgelegt haben. Wenn man sich den Ablenkungswin
seinem Maximumswerthe aus allmälig abnehmend denkt, so w
für die beiden nach gleicher Richtung austretenden und inter
Strahlen der Gangunterschied immer grösser, sie werden sich
wechselnd verstärken und schwächen müssen. Das auf sol

nterferenz erzeugte 1te, 2te, 3te Maximum der Lichtstärke für
stimmte Strahlenart wird aber offenbar dem gleichfarbigen Ringe
nären Regenbogens um so näher liegen, je grösser die Regen-
sind. Bei einer bestimmten Kleinheit der Tropfen wird das erste
enzmaximum für rothe Strahlen mit dem violetten Ringe des
genbogens zusammenfallen und so an dieser Stelle ein purpur-
· Ring entstehen, dem sich dann die weiteren Ringe des secun-
egenbogens anschliessen.

ry hat diese Young'sche Erklärung der secundären Regenbogen
ntwickelt und vollendet; wir können aber hier nicht näher darauf
ı und verweisen zunächst auf die gelungene Darstellung dieses
andes, welche Clausius im 4. Hefte von Grunert's Beiträgen
eorologischen Optik, Leipzig 1850, gegeben hat, und dann auf
Originalabhandlung, von welcher sich eine Uebersetzung im 1sten
ıngsbande von Poggendorff's Annalen (1842) findet.

ıfe. Oft sieht man, wenn der Himmel mit einem leichten Wolken- 154
überzogen ist, dicht um die Sonne oder den Mond farbige Ringe,
nan mit dem Namen der Höfe bezeichnet. Sehr häufig erscheinen
5fe nicht vollständig, sondern nur stückweise. Wenn man die
5fe häufiger beobachtet als die Sonnenhöfe, so liegt der Grund
ass das Licht der Sonne zu blendend ist; man sieht aber diese
bald man das Bild der Sonne in ruhigem Wasser oder in einem
Rückseite geschwärzten Spiegel betrachtet.

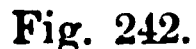
se Höfe haben die grösste Aehnlichkeit mit der Glorie, welche
eine Kerzenflamme sieht, wenn man sie durch eine mit Semen
i bestreute Glasplatte betrachtet (Lehrb. der Physik, 7. Aufl.
777), und sicherlich sind die Höfe ebenso wie dieses Phänomen
nterferenzerscheinungen zu zählen; die Dunstbläschen vertreten
e der feinen Staubtheilchen.

dem gleichen Namen der Höfe bezeichnet man aber auch eine
Art von Lichtringen, welche meist nur schwach gefärbt, die Sonne
ı Mond in grösseren Winkelabständen umgeben. Fraunhofer
ie ersteren Höfe kleinerer Art, die letzteren aber Höfe
er Art. Es dürfte wohl am zweckmässigsten sein, den Namen
e nur für die den Mond oder die Sonne unmittelbar glorienartig
den Farbenringe, welche Kämtz auch Lichtkränze nennt, zu
ıen, die Höfe grösserer Art aber, welche in grösserer Entfernung
ıe oder Mond erscheinen und welche im nächsten Paragraphen
sprochen werden sollen, einfach als Sonnen- oder Mondringe
hnen.

schönes Beispiel eines Hofes zeigt Fig. 242, welches die Copie
n Hälfte eines englischen Momentan-Stereoskopbildes ist. Ein
Hof umgiebt nicht nur die Sonne selbst, sondern auch ihr in die
ezogenes Spiegelbild im Wasser ist von einem, freilich weniger

vollkommenen Hofe umgeben, welcher sich zum Theil wie ein Net dem Nachen ausbreitet.

Die Farben der eigentlichen Höfe folgen ganz den Gesetz Farben dünner Blättchen im durchgelassenen Lichte (Lel 7. Aufl. I. Bd. S. 797). Bezeichnen wir also mit $\varrho$ den Radius des sten dunklen Ringes für irgend eine einfache Farbe, so ist der des 2ten, 3ten u. s. w. dunklen Ringes derselben Farbe $3\varrho$, $5\varrho$ u während die Halbmesser der hellen Ringe der gleichen Farbe 2 $6\varrho$ u. s. w. sind. Die Erklärung dieser Erscheinung ist auf die Beu figur zurückzuführen, welche entsteht, wenn die von einer geraden linie ausgehenden Strahlen von einem ihr parallelen dünnen u


Fig. 242.

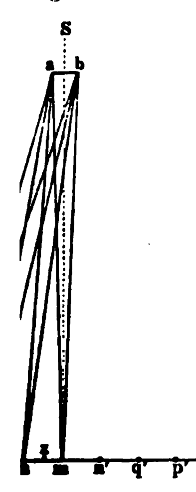


sichtigen Stäbchen oder die von einem Lichtpunkt ausgehenden St von einem undurchsichtigen Scheibchen oder einem undurchsi Kügelchen aufgefangen werden.

Die durch ein dünnes Stäbchen, etwa durch einen Draht, l gebrachte Beugungsfigur entsteht durch die Interferenz der Randst

3. *ab*, Fig. 243, der zur Richtung der einfallenden Strahlen recht- Durchmesser des Stäbchens, so werden die zunächst bei *a* liegen- ›rtheilchen elementare Strahlen nach allen Richtungen aussenden, ie die zunächst am Rande *b* liegenden. Denkt man sich nun : Entfernung hinter *ab* einen weissen Schirm aufgestellt, so ie von den beiden Rändern *a* und *b* aus gegen irgend einen *n*, *q* u. s. w. desselben convergirenden Strahlen, je nach Umständen einander verstärken oder gegenseitig aufheben. In dem Punkte *m*, welcher gleich weit von *a* und *b* entfernt ist, werden sich die beiden von *a* und *b* aus zusammentreffenden Randstrahlen aufs Vollständigste unterstützen, in *m*, in der Mitte hinter *ab*, in der Mitte des Beugungsbildes, wird sich also ein heller Streifen befinden, und zwar fallen hier die Maxima der Lichtstärke für alle farbigen Strahlen zusammen, bei Anwendung von weissem Licht wird also in *m* ein centraler weisser Streifen entstehen, während die seitlichen Streifen sämmtlich mehr oder weniger gefärbt sind.

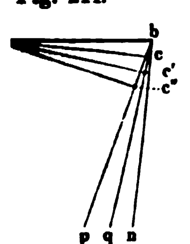
Fig. 243.




Für Strahlen einer bestimmten Farbe, etwa für Roth, wird ein zweites Maximum in *n* auftreten, wenn das von *a* auf den Randstrahl *bn* gefällte Perpendikel *ac*, Fig. 244, ein Stück *bc* abschneidet, dessen Länge gleich ›llänge $\lambda$ für rothes Licht ist.

s die Punkte *q* und *p*, Fig. 243, 2mal, 3mal so weit von *m* entals *n*, so werden die von *a* und *b* nach *q* und *p* convergirenden len in ihrem Gange um 2, 3 ... Wellenlängen verschieden sein von *a* auf *bq* und das von *a* auf *bp* gefällte Perpendikel die Länge $bc' = 2\lambda$ und $bc'' = 3\lambda$, Fig. 244, abschneidet), in *q* und *p* werden also abermals helle Streifen für Roth entstehen, während sich in den zwischenliegenden Punkten *z*, *y* und *x* dunkle Streifen bilden, weil der Gangunterschied der hier zusammentreffenden Strahlen $^1/_2$, $^3/_2$, $^5/_2$ Wellenlängen für rothes Licht beträgt.

Fig. 244.




Der Punkt *m*, Fig. 243, liegt in der Mitte der ganzen Beugungsfigur; in den Punkten *n'*, *q'* und *p'*, welche eben so weit nach rechts ›gen, wie *n*, *p* und *q* nach links, werden also ebenfalls helle, der Mitte zwischen ihnen liegenden Punkten werden dunkle ntstehen.

Tritt an die Stelle der geradlinigen Lichtquelle ein Lichtp und an die Stelle des beugenden Stäbchens ein **kreisrundes** Sc chen oder ein Kügelchen, so wird das Beugungsbild aus einem centralen Fleck bestehen, welcher von abwechselnd hellen und d concentrischen Ringen umgeben ist. Bezeichnen wir den Radi innersten hellen Ringes (dem Abstand *mn*, Fig. 243, entsprechend bestimmten Farbe, etwa des Roth, mit *r*, so sind die Radien der den hellen Ringe derselben Farbe $2r$, $3r$ u. s. w., die Radien der d Ringe dagegen sind $\frac{r}{2}$, $\frac{3r}{2}$, $\frac{5r}{2}$ u. s. w.

Bezeichnen wir mit *d* den Durchmesser *ab* des beugenden chens, so haben wir (vergl. Fig. 244)

$$\left.\begin{aligned} bc &= \lambda = d.sin.\alpha \\ bc' &= 2\lambda = d.sin.\beta \\ bc'' &= 3\lambda = d.sin.\gamma \end{aligned}\right\} \ldots\ldots$$

wenn wir mit $\alpha$, $\beta$ und $\gamma$ die Winkel bezeichnen, welchen die *q* und *p* convergirenden Randstrahlen mit der Richtung *Sm* fallenden Strahlen machen. Aus den Gleichungen bei 1) folgt

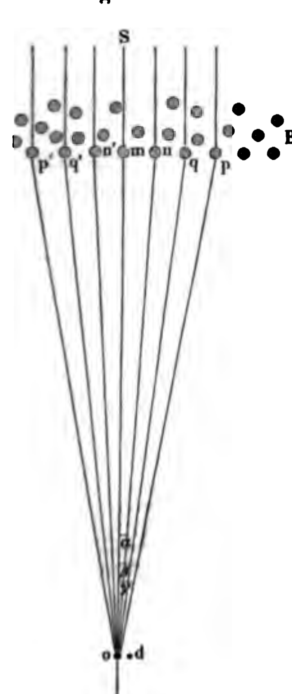
$$\left.\begin{aligned} sin.\alpha &= \frac{\lambda}{d} \\ sin.\beta &= \frac{2\lambda}{d} \\ sin.\gamma &= \frac{3\lambda}{d} \end{aligned}\right\} \ldots\ldots\ldots$$

die Winkelwerthe, unter welchen die Radien der hellen Ringe gungsbilde eines undurchsichtigen Scheibchens oder Kügelchens Mitte des Scheibchens aus gesehen erscheinen, sind also dem messer des Scheibchens umgekehrt proportional.

Auf diese Beugungserscheinung nun hat Fraunhofer in e reits von Jordan angedeuteten Weise (Gilb. Ann. XVIII) die nung der Höfe zurückgeführt (Schumacher's Astronomisc handlungen, 3. Heft), nachdem er sich überzeugt hatte, dass e faden ganz ebenso wirkt, wie ein gleich dickes Metalldrähtchen Glaskügelchen wie ein gleich dickes undurchsichtiges Kügelchen. Raum *A'B*, Fig. 245 (a. f. S.), seien Dunstkügelchen von gleicher so enthalten, dass auf den grössten Theil derselben das Licht de unmittelbar gelangen kann. Dieses parallel auffallende Licht jedem Kügelchen in der angegebenen Weise gebeugt und unter v denen Winkeln ausfahren. Nehmen wir an, das Auge in *o* empfan Kügelchen *n* das Roth der ersten Ordnung, so wird das Gleiche a das Kügelchen *n'* der Fall sein, welches auf der linken Seite eben von der vom Auge nach der Sonne gezogenen Linie *oS* entfernt

r rechten Seite. Dasselbe wird ferner der Fall sein für alle gelchen, welche auf den Umfang eines rechtwinklig auf $oS$ ste- Kreises liegen, dessen Mittelpunkt $m$ und dessen Radius $mn$ ist.

Fig. 245.




Dem Auge erscheint der Umfang dieses Kreises durch rothes Licht und zwar durch das Roth der ersten Ordnung erleuchtet, welches einen 30 Minuten breiten Ring bildet, weil die Sonne nicht ein leuchtender Punkt ist, sondern einen scheinbaren Durchmesser von $30'$ hat.

Der (mittlere) Radius dieses Ringes erscheint dem Auge unter einem Winkel $\alpha$, welcher dem bereits oben mit $\alpha$ bezeichneten Winkel gleich ist.

Von einem Dunstkügelchen $q$, welches doppelt so weit von $m$ entfernt ist als $n$, wird dem Auge $o$ das Roth der zweiten Ordnung zukommen, vom Kügelchen $p$ das Roth der dritten Ordnung u. s. w. Das Auge erblickt also einen zweiten die Sonne umgebenden rothen Ring vom Halbmesser $mq$, der unter dem Winkel $\beta$, und einen dritten vom Halbmesser $mp$, welcher unter dem Winkel $\gamma$ erscheint.

Für Strahlen anderer Farben ist dem vorigen ähnlich, wegen der kürzeren Wellenlänge wird 1ste, 2te, 3te Ring für grünes Licht kleiner sein, als der ente Ring für rothes, und die blauen Ringe haben einen kleineren er als die grünen.

die Durchmesser der Farbenringe sich umgekehrt verhalten, wie hmesser der Kügelchen, so muss der grösste Theil der Kügelchen tmosphäre nahezu gleiche Grösse haben, wenn die Höfe mit rben deutlich wahrnehmbar sein sollen. Für ungleich grosse n werden die hellen Ringe verschiedener Farben so über einlen, dass aus ihrer Mischung ein weissliches Licht entsteht. Man kann einen Hof ohne Farben.

genauere Beobachtung von Höfen hat gezeigt, dass die Durcher Farbenringe an verschiedenen Tagen sehr verschieden sind. z. B. Jordan am 25. October 1797 mittelst eines Sextanten den Halbmesser des innersten rothen Ringes, also $\alpha = 2^0\ 33'$, und zweiten rothen Ringes $\beta = 4^0\ 41'$, während sich für einen am

3. October 1792 beobachteten Hof $\alpha = 45'$ und $\beta = 1^{\circ}\ 25'$ e[illegible]
hatte. Die Ringe werden um so enger, je grösser die Dunstbläsche[illegible]
welchen sie ihren Ursprung verdanken, wie ja auch der Hof, [illegible]
man erblickt, wenn man durch eine mit Semen lycopodii be[illegible]
Glasplatte nach einer Kerze schaut, grösser ist, als wenn diese
Pollenstaub von Pinus austriaca und kleiner, als wenn sie mit Poll[illegible]
von Taxus baccata bestreut wäre.

Nach Gleichung 2) lässt sich leicht der Durchmesser der
bläschen berechnen, wenn man den Winkel gemessen hat, unter [illegible]
der Halbmesser eines Ringes für eine bestimmte Farbe erscheint [illegible]
die Wellenlänge $\lambda$ dieser Strahlenart kennt, denn man hat

$$\left.\begin{array}{l} d = \dfrac{\lambda}{\sin\alpha} \\ \text{und} \quad d = \dfrac{2\lambda}{\sin\beta} \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots$$

Für die mittleren rothen Strahlen ist $\lambda = 0{,}00066^{mm}$, wir erh[illegible]
für den von Jordan im Jahre 1797 gemessenen Hof

$$d = \frac{0{,}00066}{0{,}0445} = 0{,}0148^{mm} \text{ und } d = \frac{2 \,.\, 0{,}00066}{0{,}0816} = 0{,}01[illegible]$$

zwei Werthe, welche so nahe mit einander übereinstimmen, wi[illegible]
nur bei der geringen Genauigkeit erwarten darf, mit welcher di[illegible]
messer der Farbenringe gemessen werden können.

Für den kleineren im Jahre 1792 von Jordan beobacht[illegible]
ergiebt sich

$$d = \frac{0{,}00066}{0{,}013} = 0{,}0508^{mm} \text{ und } d = \frac{0{,}00132}{0{,}0247} = 0{,}053[illegible]$$

Je länger gutes Wetter angehalten hat, desto kleiner we[illegible]
Nebelbläschen; vor Regenwetter vergrössern sie sich schnell. [illegible]
fand die Nebelbläschen in den Wintermonaten im Durchschnit[illegible]
als in den Sommermonaten.

Zur Messung der Höfe, d. h. des Durchmessers der Ring[illegible]
sich nach Kämtz ein einfaches Diopterinstrument besser, als ei[illegible]
sextant. Hagenbach wandte für solche Messungen ein aus Kar[illegible]
und Stecknadeln improvisirtes Instrument an, welches im Verg[illegible]
Unsicherheit beim Einstellen auf eine bestimmte Farbe eine hi[illegible]
Genauigkeit giebt.

Die auch in manchen anderen Fällen anwendbare Vorricht[illegible]
genbach's ist in Fig. 246 dargestellt. Ein rectangulär g[illegible]
nes Stück steifen Papiers (Carton) von 8 bis 10 Centimeter Lä[illegible]
auf der einen Seite rechtwinklig aufgebogen und bei *o* m[illegible]
kleinen Loch versehen, dem gegenüber eine Stecknadel bei *a* ei[illegible]

Visirt man nun von $o$ über den Stecknadelknopf $a$ nach irgend Object $A$, so kann man eine zweite Stecknadel bei $b$ so einstecken, sie in die von $o$ nach einem zweiten Object $B$ gerichtete Visirlinie. Zieht man alsdann auf dem Papier die Linien $oa$ und $ob$, so kann man mit dem Transporteur den Winkel messen, welchen dieselben mit einander machen und welcher dem Winkel der Visirlinien $oA$ und $oB$ gleich ist.

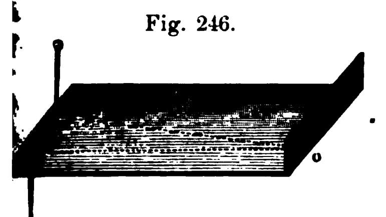



Fig. 246.

Für die Erklärung der oben besprochenen Höfe ist es völlig gleichgültig, ob die Wasserkügelchen, che den Nebel bilden, ganz massiv, d. h. ganz mit Wasser gefüllt, ob sie kleine, lufthaltige, mit einer äusserst dünnen Wasserhülle gebene Bläschen sind.

Die oben beschriebenen Höfe erscheinen, wie schon bemerkt, wenn ein leichter Nebel zwischen dem Beobachter und der Sonne oder dem de befindet. Selten kann man mehr als zwei Ringe unterscheiden, meistens sieht man nur einen, nämlich den innersten. Manchmal aber t man auch Höfe unter scheinbar ganz entgegengesetzten Umständen, n nämlich der Beobachter die Sonne im Rücken und eine Nebelnd vor sich hat. Der Beobachter sieht zunächst seinen riesenhaft heinenden Schatten auf der Nebelwand, und zwar nicht allein den Kopfes, sondern auch den Schatten der Brust und der Arme; der atten des Kopfes ist aber häufig von einer Glorie umgeben, welche drei bis vier farbigen Ringen besteht, deren Farben ganz in derselben nung auf einander folgen, wie die der oben betrachteten Höfe, welche r weit brillanter sind, offenbar weil hier nicht ein blendend heller per den Mittelpunkt des Ringsystems einnimmt, sondern der Schatten Kopfes.

Jeder Beobachter sieht nur seinen eigenen mit einer Glorie umgeben Schatten, aber nicht den seines Begleiters.

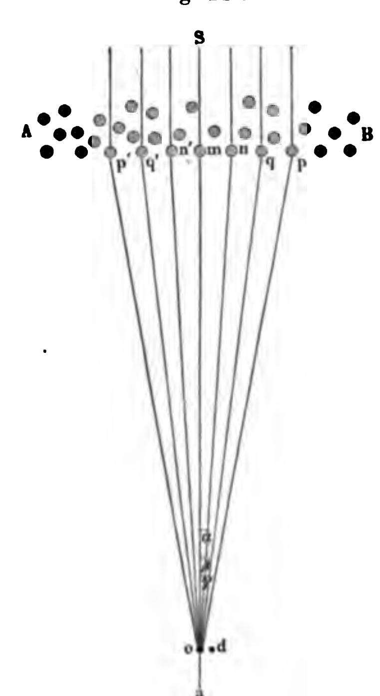
Solche Nebelbilder lassen sich nur wahrnehmen, wenn der Beobachter einen ganz freien isolirten Standpunkt einnimmt, wie dies auf Lande nur in Gebirgsgegenden möglich ist; am schönsten zeigen sich bei Sonnenaufgang, wenn der Schatten des auf einer isolirten spitze oder auf einem isolirten Bergkamme stehenden Beobachters eine westlich von ihm befindliche Nebelwand fällt. In den Alpen unter anderen Pilatus, Rigi und Mythen sehr geeignete Localitäten Beobachtung dieser prächtigen Erscheinung, welche im Harz unter Namen des Brockengespenstes bekannt ist.

Ausgezeichnet schön beobachtete Scoresby das Phänomen in den rgegenden von dem Mastkorbe der Schiffe aus. Bouguer beobachdie Erscheinung auf den Cordilleren in Südamerika öfters. Der chmesser des ersten Farbenringes (ohne nähere Angabe der Farbe)

war bei einer solchen Beobachtung 5° 40′, der des zweiten 11° u
des vierten 17°. Er beobachtete, dass auch bei diesem Phänom
Durchmesser der gleichfarbigen Ringe zu verschiedenen Zeiten se
gleich sind. Bei einem auf dem Pilatus beobachteten Nebelbilde mit
fand Hagenbach den Durchmesser des innersten rothen Ringes
2° 30′, woraus sich der Durchmesser der Nebelbläschen gleich 0,(
ergiebt. Die Nebelbläschen, welche die von Bouguer besprochen
hervorbrachten, hatten wohl kaum einen halb so grossen Durchme

Bouguer bemerkt ausdrücklich, dass der Beobachter einer
Glorie stets von einem ganz feinen Nebel umgeben ist, und darau
det Fraunhofer die Erklärung des Phänomens. Die den Kopf
obachters umgebenden Kü
müssen die bekannten Beug
scheinungen hervorbringen.
nun in $d$, Fig. 247, das A
Beobachters und diesem z
also nahe am Kopfe des Beob
in $o$ ein Dunstkügelchen, auf
in der Richtung $ao$ Sonnen
fallen. Diejenigen, welche d
treffen, werden so gebeugt, 
Strahlen, welche den ersten
Ring bilden, nach $on$ und $on$
Die, welche den zweiten Ring
gelangen nach $q$ und $q'$ u. s.
im Raume $AB$ eine dichte au
kügelchen bestehende Wo
wird diese das nahezu verti
fallende Licht vorzugsweise
Richtung zurückwerfen, in
es gekommen ist, das A
$d$ wird die vom Kügelche
beugten Strahlen ebenso z
halten, wie sie auffielen u
demnach auf der Wolke Far
sehen, und zwar den erst
unter dem Winkel $non' =$
zweiten unter dem Winkel $qoq' = 2\beta$ u. s. w. Für alle übri
nächst um den Kopf des Beobachters liegenden Kügelchen gilt d

Fig. 247.




Die Fraunhofer'sche Erklärung der Glorie stützt sich
Voraussetzung, dass die Kügelchen, welche die Nebelwand $AB$
einen namhaften Theil des Lichtes, welches sie trifft, in der nä
Richtung zurückwerfen, in welcher es auffiel. Für massive Wasserkü
ist dies durchaus nicht der Fall, denn wir wissen aus der Leh
Regenbogen, dass, wenn ein Bündel paralleler Sonnenstrahlen au

sertropfen fällt, wirksame Strahlen nur in zwei Richtungen austreten, denen die eine einen Winkel von ungefähr 42° (nach einmaliger rer Spiegelung), die andere aber einen Winkel von ungefähr 52° h zweimaliger innerer Spiegelung) mit der Richtung der einfallenden hlen macht.

Während es also zur Erklärung der Höfe, welche wir im ersten Theil s Paragraphen betrachtet haben, gleichgültig ist, ob das leichte kchen, welches sich zwischen der Sonne und dem Beobachter befindet, Wassertröpfchen oder aus Nebelbläschen besteht, ist zur Erklärung Glorie die Annahme von Nebelbläschen durchaus nothwendig, da sius nachgewiesen hat, dass Nebelbläschen von einem Bündel paer Strahlen, welches dieselben trifft, nach einmaliger innerer Spiegeeinen namhaften Antheil des auffallenden Lichtes in der gleichen ung reflectirt, in welcher es gekommen war (Pogg. Ann. 88. Bd. 1853).

Fig. 248.

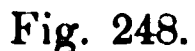


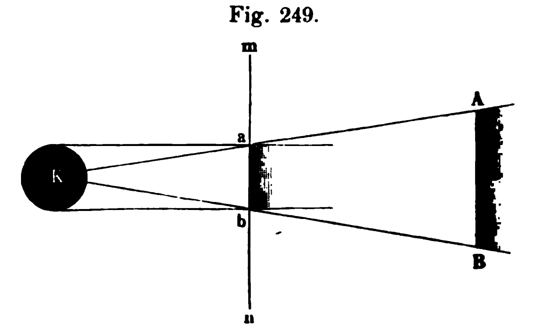


Fig. 248 zeigt den Nebelschatten nebst der ihn umgebenden Glorie einem Entwurf Hagenbach's. Offenbar hat man es hier mit zwei verschiedenen Erscheinungen zu thun, welche allerdings gleichzeitig eten, aber doch ganz unabhängig von einander sind. Die farbigen ge der Glorie sind, wie wir gesehen haben, ein Interferenzphänomen, rend die Schattenfigur wirklich nichts Anderes ist als der Schatten, hen der Körper des Beobachters auf die Nebelwand wirft, und in der t kann dieser Schatten für sich allein ohne die Ringe erscheinen,

wenn die Nebelbläschen der den Schatten auffangenden Wand v
ungleicher Grösse sind.

In den meisten Fällen erscheint dem Beobachter sein Schat
riesenhafter Grösse, was auf den ersten Blick höchst auffallend ist
Sonnenstrahlen den schattengebenden Körper in nahezu parallel
tung tangiren, der Schatten also keinen grösseren Durchmesse
kann als der schattengebende Körper selbst. Dass der Schatten ri
erscheint, kann also nur auf einer optischen Täuschung beru
übrigens leicht zu erklären ist. In Fig. 249 stelle $K$ den Kopf

Fig. 249.




obachters und $mn$ die vordere Fläche der den Schatten auff
Nebelwand dar, so wird der Schatten $ab$ keinen grösseren Dur
haben als $K$ selbst. Die Unbestimmtheit des Schattens aber und
Umstände, welche die richtige Schätzung der Entfernung dessel
hindern, veranlassen, dass man ihn unwillkürlich in grössere Ent
etwa nach $AB$ versetzt. Da aber der Gesichtswinkel, unter
der Schatten dem Beobachter erscheint, unverändert bleibt, so wi
für um so grösser halten müssen, je weiter er ihm entfernt schei

Wenn des Morgens früh bei hellem Sonnenschein der Sch
Beobachters auf eine stark bethaute Wiese fällt, so sieht er den
des Kopfes von einer lichten Glorie umgeben, in welcher sich
keine Farbenringe unterscheiden lassen. Diese Erscheinung hat
Aehnlichkeit mit der eben besprochenen. Wenn jedoch aus d
des Nebelbildes der Beweis geführt wird, dass die Nebel wirl
Bläschen und nicht aus Wasserkügelchen bestehen, so ist die
thauten Wiesen sich zeigende Erscheinung auf ein anderes Erl
princip zurückzuführen; jedenfalls bedarf dieselbe noch einer e
deren Untersuchung.

155 **Ringe und Nebensonnen.** Ganz anderen Ursprungs
im vorigen Paragraphen besprochenen Höfe und Glorien sind die
**ringe**, welche öfters in grösserem Abstand die Sonne oder de
umgeben; der Halbmesser des kleineren dieser hellen Ringe e
unter einem Winkel von 22 bis 23°, der des grösseren aber unt

**kel von 46 bis 47°; das Roth ist bei demselben nach innen gekehrt, innere Rand ist schärfer, der äussere mehr verschwommen und we-r deutlich gefärbt. Selten erscheinen die beiden Kreise zu gleicher**

**Tab. XVa** stellt die Erscheinung dar, wie man sie am häufigsten **eobachten** Gelegenheit hat, nämlich den Mond umgeben mit einem **lichen** Ring von 22 bis 23° Radius. Um die Sonne wird dieser Ring **ner beobachtet**; er erscheint dann meistens von einem horizontalen **ten** Streifen durchschnitten, welcher in gleicher Höhe mit der Sonne **oft** bis zu dieser selbst hin erstreckt. Da, wo dieser Streifen den **tring** durchschneidet, ist er am hellsten; diese hellen Stellen, welche **zu** beiden Seiten der Sonne am Umfange des Ringes sieht, sind die ensonnen; bisweilen erscheint eine solche Nebensonne auch verti-**über** der Sonne im Gipfel des Ringes; oder es erscheint hier ein **hrungsbogen**, wie er in Fig. 250 dargestellt ist. Oft sieht man die

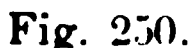
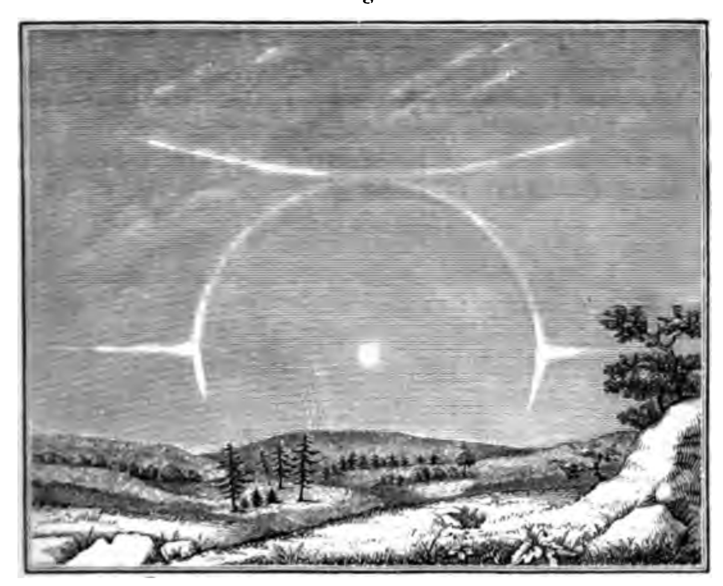


Fig. 250.



ensonnen auch ohne die Ringe, oder die Ringe ohne die Nebensonnen. **e Ringe** und die Nebensonnen erscheinen ebenfalls nie bei ganz hei-**m** Himmel, sondern nur, wenn derselbe mit einem Schleier über-**n ist.**

**Nach** Sonnenuntergang sieht man öfters noch eine verticale Licht-**le**, welche von dem Orte aufsteigt, wo die Sonne unterging. Diese **st schön** roth gefärbte Lichtsäule entspricht dem verticalen bis zur **ne selbst** sich fortsetzenden Nebensonnenstreifen.

**Die** erwähnten Ringe hat schon Mariotte durch eine Brechung des **hts** in den in der Luft schwebenden Eisnadeln erklärt; wenn die Eis-

nadeln sechsseitige Säulen sind, so bilden immer je zwei nicht par
und nicht zusammenstossende Seitenflächen einen Winkel von 60°
einander, die Eisnadeln bilden also gewissermaassen gleichseitige dreis
Prismen, für welche das Minimum der Ablenkung ungefähr 23° be
Solche Strahlen nun, welche in den Eisnadeln das Minimum der A
kung erlitten haben, sind den wirksamen Strahlen des Regenbogens a
weil viele Strahlen sehr nahe in derselben Richtung austreten.
Hypothese erklärt also zugleich die Bildung des Ringes, seine Grös
die Anordnung der Farben.

Der Ring von 46° erklärt sich durch die Annahme, dass d
der Prismen in der Weise schief steht, dass der rechte Winkel, w
die Seitenflächen der Säule mit der Basis bilden, der brechende
des Prismas wird. Für ein Eisprisma, dessen brechender Wink
beträgt, ist in der That das Minimum der Ablenkung 46°.

Den horizontalen Nebensonnenstreifen erklärt man durch d
flexion der Sonnenstrahlen an den verticalen, die verticalen Licht
durch Reflexion an den horizontalen Flächen der Eisnadeln. Sie s
am hellsten, wo sie den Ring von 23° durchschneiden, weil hier zw
sachen stärkerer Erleuchtung zusammenwirken. Fraunhofer
die Nebensonnenstreifen als Interferenzerscheinung. Am vollstän
ist die Theorie der Höfe und Nebensonnen von Galle behandelt
(Pogg. Annal. Bd. XLIX).

# DRITTES BUCH.

# [D]IE CALORISCHEN ERSCHEINUNGEN

AUF DER

# ERDOBERFLÄCHE

UND

# IN DER ATMOSPHÄRE.



## Erstes Capitel.

# Verbreitung der Wärme auf der Erde.

---

**Die Meteorologie.** Steigen wir aus den Himmelsräumen herab **156**
f die Oberfläche der Erde, so befinden wir uns auf einem Schauplatz,
f welchem sich nicht bloss physikalische Phänomene entwickeln, sondern
f welchem uns auch ein reiches vielgestaltetes organisches Leben ent-
gentritt. Zu den wichtigsten Factoren, durch welche das Leben der
anzen- und Thierwelt von den einfachsten und niedrigsten Formen
zu den entwickeltsten und vollendetsten vermittelt wird, gehören ohne
eifel die Luft, das Wasser und die Wärme.

Alles organische Leben ist durch Stoffwechsel bedingt, der Stoff-
chsel hängt aber von einer gewissen Beweglichkeit der Atome ab,
lche nur bei luftförmigen und tropfbaren flüssigen Körpern vorhanden
Die Beweglichkeit der Theilchen, ohne welche Stoffwechsel und mit-
organisches Leben unmöglich ist, wird aber nur durch die Wärme
alten. Ohne Wärme erstarren alle Flüssigkeiten und eine vollständige
tarrung führt den Tod aller Organismen nach sich.

Während also Luft und Wasser diejenigen Stoffe sind, welche vor-
gsweise als Träger des organischen Lebens bezeichnet werden müssen,
heint uns unter allen Naturkräften keine für das organische Leben
ntbehrlicher als die Wärme.

Die Wärme ist auf der Erdoberfläche und in der Atmosphäre nicht
r ungleich verbreitet, sondern diese Verbreitung selbst ist einem be-
ndigen Wechsel unterworfen, welcher Luftströmungen (Winde) erzeugt
d auf der einen Seite massenhafte Verdampfung des Wassers, auf der
deren Seite aber den Niederschlag des in der Atmosphäre verbreiteten
sserdampfs bedingt, wodurch dann Wolken, Regen, Schnee u. s. w.
ugt werden.

Der jeweilige Wärme- und Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre die damit zusammenhängenden Erscheinungen werden gewöhnlid Witterung bezeichnet.

Die Gesammtheit der Witterungsverhältnisse eines Ortes nennt das Klima desselben.

Mit dem Namen der Meteorologie bezeichnet man denje Zweig der Naturlehre, welcher sich mit der Untersuchung der Witter erscheinungen und den damit zusammenhängenden atmosphärischen nomenen beschäftigt.

Wenn man die Meteorologie hinsichtlich der Sicherheit ihre sultate mit der Astronomie vergleicht, so fällt diese Vergleichu höchsten Grade ungünstig für die Meteorologie aus.

Auf Jahrzehnte, ja auf Jahrhunderte voraus kann man den M berechnen, in welchem eine Sonnen- oder Mondfinsterniss beginne aufhören wird. Mit gleicher Sicherheit kann man die Stelle am Hir gewölbe vorausbestimmen, an welcher ein Planet in einem besti Zeitpunkt stehen wird, so dass man jetzt ein Fernrohr so aufzustell Stande ist, dass ein bestimmter Planet nach zehn, ja nach hundert an einem bestimmten Tage zu einer bestimmten Stunde das Gesicl des Fernrohrs passiren muss. — Dagegen ist es meist unmöglic Witterung nur auf wenige Tage, oft auch nur auf wenige Stund Sicherheit voraus zu bestimmen.

Wollte man aus der Vergleichung astronomischer und mete gischer Resultate einen Schluss ziehen auf die Sicherheit unserer Er niss derjenigen physikalischen Gesetze, welche beiden Disciplin Grunde liegen, so würde man doch einen grossen Irrthum begehen.

Die Bewegungen der Himmelskörper sind nur durch mechan Gesetze bedingt; die Erklärung der meteorologischen Erschein müssen wir dagegen vorzugsweise in den Gesetzen der Wärme suchen.

Wenn nun freilich die Mechanik die vollendetste aller physikal Disciplinen ist, so sind doch auch die empirischen Gesetze der W lehre so fest begründet, und die mechanische Wärmetheorie ist ber weit ausgebildet, dass der Abstand zwischen der wissenschaftlicher endung der Mechanik und der Wärmelehre keineswegs so gross es nach dem obigen Vergleich astronomischer und meteorologisch sultate scheinen möchte.

Die Unsicherheit meteorologischer Vorausbestimmungen rühr nicht von der Unsicherheit der physikalischen Gesetze her, welch in Anwendung kommen, sondern daher, dass die hier thätigen unter den complicirtesten und stets wechselnden Verhältnissen zu kung gelangen.

Die Bewegung der Planeten ist fast ausschliesslich durch die M anziehung der Sonne bestimmt, die Störungen, welche die Planetenb durch die gegenseitige Einwirkung der Planeten unter einander erl

nd äusserst gering. Wären in unserem Planetensystem zwei Sonnen rhanden, welche um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt kreisen, wie es bei den Doppelsternsystemen wirklich der Fall ist, so würden die ewegungen der in diesem System etwa vorhandenen Planeten schon der rwickeltsten Art sein, und gewiss würde die Sicherheit der Voraus-rechnung für ein solches System weit hinter der Sicherheit unserer stronomie zurückbleiben, obgleich hier wie dort das Gesetz der allge-einen Massenanziehung den Gang der Erscheinungen beherrscht.

Die Wärme auf der Erdoberfläche rührt, wie wir bald sehen werden, st ausschliesslich von den Sonnenstrahlen her.

Wäre nun die Erdoberfläche überall ganz gleicher Natur, bestände z. B. mit Ausschluss alles Wassers überall aus derselben Gesteinsart ne alle Erhebung, und wäre die Erde wie der Mond ohne Atmosphäre, wäre der Gang der calorischen Erscheinungen auf der Erdoberfläche ne Zweifel von der grössten Regelmässigkeit. So aber wirken die nnenstrahlen bald auf Wasser, bald auf Land; bald ist der Boden ihrer irkung direct ausgesetzt, bald werden sie von dichten Wolkenmassen fgehalten. Die an einem Orte durch die Sonnenstrahlen entwickelte ärme wird durch die Luft und Meeresströmungen anderen Gegenden geführt. Die Wirkung der Sonnenstrahlen auf die Erdoberfläche wird o durch so mannigfaltige Einflüsse modificirt, die uns zum Theil nicht mal genügend bekannt sind, dass ein einfacher mit Sicherheit voraus bestimmender Gang der Erscheinungen nicht möglich ist, obgleich r im Stande sind, den Zusammenhang der meteorologischen Erschei-ngen nachzuweisen.

**Erwärmung der Erdoberfläche durch die Sonnenstrah-n.** 157 Die Erwärmung unserer Erdoberfläche und der Atmosphäre stammt t ausschliesslich von der Sonne her; denn die eigenthümliche Wärme s Erdkörpers ist auf seiner Oberfläche nicht mehr merklich und die ärmemenge, welche durch chemische Processe, z. B. durch Verbrennung twickelt wird, ist verschwindend gegen die Wärmequantitäten, welche n Gang der meteorologischen Verhältnisse bedingen. Die Sonnen-ahlen allein sind es also, welche theilweise in der Atmosphäre, vorzugs-ise aber von der Erdoberfläche absorbirt und in fühlbare Wärme ver-ndelt, die zur Erhaltung der thierischen und pflanzlichen Organismen thige Wärme liefern.

Die Erwärmung des Bodens hängt von der Richtung ab, in welcher Sonnenstrahlen ihn treffen, und da diese Richtung eine nach be-mmten Gesetzen regelmässig wechselnde ist, so ist klar, dass der Er-rmungszustand der Erdoberfläche und der unteren Schichten der mosphäre periodischen Variationen folgen muss, und zwar haben wir e tägliche und eine jährliche Periode im Gange der Lufttemperatur er Temperatur der untersten Luftschichten) zu unterscheiden.

Während der Erde durch die Sonnenstrahlen Wärme zugeführt wird,

verliert sie auf der anderen Seite Wärme durch Ausstrahlung gegen die kälteren Himmelsräume. Im Allgemeinen halten sich Ein- und Ausstrahlung das Gleichgewicht, d. h. die Summe der Wärme, welche der Erde durch die Sonnenstrahlen zugeführt wird, ist derjenigen gleich, welche sie durch Ausstrahlung verliert. Dabei ist aber die Wärme über die Erdoberfläche weder gleichförmig noch unveränderlich vertheilt. Die höchste Erwärmung der Erdoberfläche und der unteren Luftschichten finden wir in den Aequatorialgegenden, während es um so kälter wird, je mehr wir uns den Polen nähern. Fassen wir aber die Temperatur irgend eines bestimmten Ortes auf der Erdoberfläche ins Auge, so zeigt sich, dass sie beständigen Schwankungen unterworfen ist, indem in Folge der veränderlichen Stellung der Sonne gegen die Erdoberfläche bald die Einstrahlung, bald die Ausstrahlung das Uebergewicht gewinnt.

Da nun aber die Veränderungen, welche die Stellung der Sonne gegen die Erdoberfläche erfährt, an zwei Perioden, eine tägliche und eine jährliche, gebunden ist, so ist klar, dass auch die Variationen der Temperatur an irgend einem Orte der Erdoberfläche eine tägliche und eine jährliche Periode befolgen müssen.

158 **Die fünf Zonen.** Für verschiedene Gegenden der Erdoberfläche sind die Insolationsverhältnisse äusserst ungleich. Innerhalb der Wendekreise, wo Tag und Nacht das ganze Jahr hindurch fast gleich sind, wo die Sonne bei ihrem höchsten Mittagsstande das Zenith passirt, und wo die niedrigste Mittagshöhe mindestens 44° (die niedrigste Mittagshöhe der Sonne ist für die Wendekreise 43° 42′, für den Aequator 66° 32′) beträgt, wo also täglich die Sonnenstrahlen eine kräftige Wirkung ausüben können, muss auch stets eine hohe Lufttemperatur herrschen. Jener zwischen den Wendekreisen gelegene Aequatorialgürtel wird deshalb auch die **heisse Zone** genannt. Sie ist der Schauplatz des reichsten Thier- und Pflanzenlebens.

Die Gegenden der heissen Zone werden auch die **Tropen** genannt, weil sie zwischen den Wendekreisen, den circulis tropicis, liegen.

Den Gegensatz der heissen Zone bilden die Umgebungen der Pole. Innerhalb der beiden von den Polarkreisen (66° 32′ nördlicher und südlicher Breite) begrenzten Kugelabschnitte kommt die Sonne Tage, Wochen, Monate lang gar nicht über den Horizont, und auch dann nur, um in sehr schräger Richtung den Boden zu bescheinen; hier also kann nur eine geringe Wärmeentwickelung stattfinden und hier starrt deshalb auch fast das ganze Jahr hindurch die Natur in Schnee und Eis.

Der von dem nördlichen Polarkreis eingeschlossene Raum wird die **nördliche**, der von dem südlichen Polarkreis eingeschlossene Raum wird die **südliche kalte Zone** genannt.

Der Gürtel zwischen dem nördlichen Wendekreis und dem nördlichen Polarkreis bildet die **nördliche gemässigte Zone**, gleichwie die **südliche gemässigte Zone** sich vom südlichen Wendekreis bis zum süd-

ken Polarkreis erstreckt. Je mehr man in diesen gemässigten Zonen gen die Polarkreise vordringt, desto mehr nähern sich die Temperatur-hältnisse denen der kalten Zonen.

Im Allgemeinen also sind die Temperaturverhältnisse eines Ortes Function seines Abstandes vom Aequator, also seiner geographischen ite, und wenn sie nur von den Insolationsverhältnissen bedingt wären, n nicht andere Factoren modificirend einwirkten, so müsste die mitt-Lufttemperatur gleich sein für alle Orte gleicher geographischer ite. Wir werden bald sehen, dass, und warum dies nicht der ist.

**Die tägliche Periode.** Wenn die Sonne, nachdem sie am öst- 159 hen Himmel aufgegangen ist, höher und höher über den Horizont sich ebt, so muss die immer kräftiger wirkende Insolation ein Steigen der Temperatur zur Folge haben. Wenn die Sonne ihren höchsten Stand icht hat, so ist jedoch die Temperatur der Erdoberfläche noch keines-s so hoch gestiegen, dass sie eben so viel Wärme gegen den Himmels-m ausstrahlen könnte, als sie durch die Sonnenstrahlen empfängt. halb dauert das Steigen der Temperatur noch über Mittag fort, und 1 bis 2 Stunden nach der Culmination der Sonne, wenn ihre Höhe n merklich abgenommen hat, tritt ein momentaner Gleichgewichts-and zwischen Ein- und Ausstrahlung ein, das Maximum der täg-hen Temperatur findet deshalb erst um 1 bis 2 Uhr Nachmittags Statt. n da an aber gewinnt bei immer mehr sinkender Sonne die Ausstrah-g das Uebergewicht, die Temperatur sinkt anfangs langsam, dann her in den Abendstunden. Während der Nacht, wo gar keine Ein-hlung stattfindet, dauert das Sinken der Temperatur mit abnehmender elligkeit fort, bis sie zur Zeit des Sonnenaufganges ihr Minimum icht hat.

Da im Sommer die Sonnenhöhen im Laufe des Tages zwischen wei-ten Gränzen variiren (zwischen 0 und 63° für das mittlere Deutschland), im Winter (zwischen 0 und 17° für den 50. Breitegrad), so ist klar, s die Gränzen, zwischen welchen die Temperatur im Laufe eines ges schwankt, im Sommer weiter auseinander liegen als im Winter. der That beträgt z. B. für München die Differenz zwischen der höch-n und niedrigsten Temperatur des Tages im Monat Januar im Durch-nitt nur 2° C., während im Juli das tägliche Maximum durchschnitt-h 6,2° höher ist als das tägliche Minimum.

Aus ähnlichen Gründen müssen nun auch die täglichen Temperatur-hwankungen in den Aequatorialgegenden viel bedeutender sein als in heren Breiten. Auch dies wird durch die Erfahrung bestätigt; so obachtete z. B. Barth auf seiner Reise in das Innere von Afrika vom fgang der Sonne bis zum Nachmittag oft ein Steigen von 6 auf 30, ja n 8 auf 43° Celsius.

Im Allgemeinen bestätigt die Erfahrung allerdings die Resultate

unserer obigen Raisonnements über den täglichen Gang der Wärme, sob
wir aber einzelne Tage herausgreifen, finden wir häufig solche Störun
des normalen Ganges, dass das Gesetz vollständig verwischt erscheint.

Von der Natur dieser Störungen und ihrer Ursachen wird w
unten die Rede sein.

160 **Die Jahreszeiten.** Die Sonne theilt nicht allein mit dem ga
Himmelsgewölbe die tägliche Umdrehung, sondern sie legt im Lauf
Jahres am Himmelsgewölbe eine Bahn zurück, welche zur Hälfte nör
zur anderen Hälfte südlich von dem Himmelsäquator liegt. Eine l
davon ist, dass wenigstens in den gemässigten Zonen Tagesdauer
Mittagshöhe der Sonne ein halbes Jahr lang zunehmen, um dann i
folgenden Jahreshälfte in gleicher Weise wieder abzunehmen. Di
dann den regelmässigen Wechsel der Jahreszeiten zur Folge.
Verlauf wir zunächst für die geographische Breite des mittleren De
lands betrachten wollen.

Am 21. März passirt die Sonne den Himmelsäquator, um vo
südlichen auf die nördliche Himmelskugel überzugehen. Tag und
sind gleich lang, und die Mittagshöhe, zu welcher die Sonne an
beträgt 40°. Nun aber findet eine rasche Zunahme der Mittagshöl
Sonne sowohl wie auch der Tagesdauer Statt; bei immer kräftige
dender Insolation bleibt der Boden nun länger und länger dem
menden Einfluss der Sonnenstrahlen ausgesetzt, die Lufttemperatu
also steigen.

Allmälig wird die Zunahme der Tagesdauer und der Mitta
langsamer, bis endlich am 21. Juni die Sonne ihre grösste nör
Breite erreicht, und somit auch der längste Tag von 16 Stunden u
grösste Mittagshöhe der Sonne von 63½ Graden eintritt.

Aus demselben Grunde, warum das tägliche Maximum der T
ratur nicht auf die Mittagsstunde fällt, tritt auch das jährliche T
raturmaximum nicht mit dem längsten Tage ein, sondern später, s
im Durchschnitt der Juli der heisseste Monat ist.

Nach dem längsten Tage nimmt die Tagesdauer und die Mitta
der Sonne erst langsam, dann rascher ab, und mit der rascheren Ab
beider stellt sich dann auch ein Sinken der Luftwärme ein. Am 2
tember, dem Herbstäquinoctium, passirt die Sonne abermals den Hi
äquator, um auf die südliche Hemisphäre der Himmelskugel überzu
Nun werden die Nächte länger als der Tag, die Mittagshöhe der
nimmt mehr und mehr ab, bis sie am 21. December, als am kür
Tage (von 8 Stunden) ihr Minimum von 17 Grad erreicht. Unter
Umständen, da die Wirkung der ohnehin sehr schräg auffallenden S
strahlen nur auf wenige Stunden beschränkt bleibt, und der Bod
lange Nacht hindurch Wärme durch Ausstrahlung verliert, muss die
temperatur bedeutend sinken; doch tritt das Minimum der Jahrest
ratur in der Regel erst gegen die Mitte des Januars ein, da unmit

dem kürzesten Tage die Zunahme der Tageslänge und der Mittags-
der Sonne noch zu unbedeutend ist, um ein Steigen der Temperatur
rken zu können.

So ist denn im Allgemeinen der Gang der Lufttemperatur im Laufe
ahres für Deutschland folgender: Von der Mitte Januar an steigt
emperatur bis gegen die Mitte Juli, um von da allmälig bis zur
Januar wieder abzunehmen. Das Steigen und Fallen der Tempe-
ist am langsamsten vor und nach der Zeit des jährlichen Maximums
Minimums, am raschesten um die Zeit der Aequinoctien.

Die drei heissesten Monate, Juni, Juli und August, bilden den Som-
die Zeit, in welcher die kräftigste Entwickelung der Vegetation vor
geht. Den Winter bilden die drei kältesten Monate, December,
r und Februar, während welcher die Vegetation fast gänzlich ruht.
end des Frühlings, März, April und Mai, findet ein allmäliges
hen, während des Herbstes, September, October und November,
lmäliges Absterben der Pflanzenwelt Statt.

Die Differenz zwischen der mittleren Temperatur des heissesten und
ltesten Monats beträgt für Deutschland im Durchschnitt 16° R.

Der oben beschriebene Wechsel der Jahreszeiten bezieht sich auf
r mittlerer geographischer Breite; in höheren wie in niederen
n gestaltet sich die Sache wesentlich anders.

Unter höheren Breiten wird die Dauer des kürzesten Tages immer
ger, die Sonnenhöhe immer unbedeutender, die Winterkälte muss
gegen die Pole hin immer zunehmen; zugleich aber nimmt die Dauer
Winters zu, denn während der Aequinoctialperiode ist die Wirkung
onnenstrahlen in jenen Ländern noch viel zu gering, um Eis und
e zu schmelzen oder das Gefrieren des Wassers zu verhindern, der
er erstreckt sich also noch über einen Theil der Monate, welche bei
len Frühling und den Herbst ausmachen. Im Sommer aber wird die
ergleich zu unseren Gegenden geringere Mittagshöhe der Sonne
die längere Dauer der Sommertage nahezu wieder ausgeglichen
r dem 60. Breitengrade z. B., welcher ungefähr über Petersburg und
holm geht, ist der längste Tag $18^{1}/_{2}$ Stunde, die höchste Mittags-
der Sonne $53^{1}/_{2}{}^{0}$), so dass die Sommerhitze immer noch eine sehr
tende werden kann. In jenen Gegenden herrscht also ein langer
r Winter, welcher rasch in einen heissen kurzen Sommer übergeht,
ss die Uebergangs-Jahreszeiten, Frühling und Herbst, mehr und
verschwinden.

Innerhalb der Polarkreise fallen endlich die Sonnenstrahlen selbst
Zeit der grössten Sonnenhöhe noch so schräg auf, dass sie trotz der
n Tagesdauer keine kräftige Erwärmung hervorbringen können;
des Sommers tritt nur eine mehr oder weniger bedeutende Unter-
ung in der Strenge der Winterkälte ein.

Wenden wir uns von Deutschland aus zu den südlicheren Ländern,
uss dort aus zweierlei Gründen der Winter immer milder werden,

denn einmal erreicht die Sonne selbst zur Zeit des Wintersolstitiums eine ziemlich bedeutende Mittagshöhe (unter dem 30. Breitengrade noch $36^1/_2{}^0$), während zugleich die Dauer der Wintertage grösser bei uns (für den 30. Breitengrad z. B. ist die Dauer des kürzesten 10 Stunden 4 Minuten). Während so die Winterwärme steigt, die Sommerwärme nicht in gleichem Maasse, denn die Wirku grösseren Sonnenhöhe wird dadurch zum Theil neutralisirt, d Sommertage nicht so lang sind als bei uns.

Die Differenz zwischen Sommer- und Wintertemperatur mu um so mehr abnehmen, je mehr wir uns von den Polen aus den kreisen nähern.

Innerhalb der Wendekreise aber verschwindet der Charakter Jahreszeiten fast ganz. Auf dem Aequator passirt die Sonne z im März und September, das Zenith, während die niedrigste Mitt der Sonne (Ende Juni und December) noch $66^1/_2{}^0$ beträgt. Beden ferner, dass auf dem Aequator das ganze Jahr hindurch Tag und gleich sind, so begreift man leicht, dass die jährlichen Temperatu tionen für die Aequatorialgegenden nur sehr unbedeutend sein kö

Vom Aequator aus gegen die Wendekreise hin wird allmä Charakter unserer Jahreszeiten wieder merklich, während er erst gemässigten Zonen entschieden zur Geltung kommt.

In den südlichen gemässigten Zonen wechseln die Jahreszei bei uns, nur ist begreiflich dort Winter, wenn wir Sommer hab umgekehrt.

Im Allgemeinen bestätigt die Erfahrung die Resultate der Betrachtung. So beträgt z. B. die Differenz zwischen der mittlere peratur des heissesten und des kältesten Monats für

| | |
|---|---|
| Quito . . . . . | 1,4° R. |
| Havannah . . . | 4,5 |
| Mexico . . . . | 6,3 |
| Palermo . . . . | 11,1 |
| Rom . . . . . | 13,7 |
| München . . . | 15,6 |
| Prag . . . . . | 18,6 |
| Moskau . . . . | 23,5 |
| Irkutzk . . . . | 30,3 |
| Jakutzk . . . . | 50,8. |

161 **Modificationen normaler Temperaturverhältniss**

durch die Attraction der Sonne vorgeschriebene Bahn eines jeden P wird durch den störenden Einfluss der übrigen kaum alteri Störungen spielen hier nur eine untergeordnete Rolle. Ander mit den klimatischen Verhältnissen. Allerdings ist der Erwär

**nd** der unteren Luftschichten eine Function der Insolationsverhält-
**e**, aber eine Function, in welcher mehrere mannigfach wechselnde
**ren** eintreten, so dass die Störungen den regelmässigen Gang oft
**ch** maskiren. Wäre die Natur der Erdoberfläche überall dieselbe
fehlte die Abwechselung zwischen Wasser und Land, zwischen Berg
Thal, zwischen bewaldetem und pflanzenleerem Boden), würde die
**ung** der Insolation nicht durch wechselnde Bewölkung des Himmels
**ficirt**, und würde die Wärme nicht durch Luft- und Meeresströ-
**gen** von einem Orte zum anderen fortgeführt, so müssten nicht allein
Orte gleicher geographischen Breite gleiche klimatische Verhältnisse
**n**, sondern es müssten auch die täglichen und jährlichen Variationen
Lufttemperatur vollkommen regelmässig verlaufen.

Dem ist aber in der That nicht so. — So hat z. B. Neapel eine
**re** Jahreswärme von 12,25°, während bei gleicher nördlicher Breite
**ork** nur eine mittlere Jahreswärme von 8,7° hat. Christiania und
**ec** haben fast gleiche mittlere Jahreswärme (4,2 und 4,4°) und doch
Quebec um mehr als 13 Breitegrade südlicher als Christiania.
**o** ist an einem und demselben Orte der Gang der Wärme von einem
**um** anderen sehr verschieden, und demselben Jahrestag entspricht
**swegs** stets dieselbe Temperatur, wie es sein müsste, wenn die Luft-
**e** allein vom Sonnenstande abhinge. So war z. B. zu Frankfurt am
— 14° R. die mittlere Temperatur des 22. Januar 1850, + 8,5° R.
**sselben** Tages im Jahre 1846. — Im Jahre 1846 war zu Frank-
am Main der 22. Januar um 2° wärmer als der 14. Mai. Eben-
**st** fiel im Jahre 1841 der heisseste Tag auf den 24. Mai (mit 20° R.),
**hre** 1842 aber auf den 19. August (mit 21° R.).

Solche Anomalien zeigen deutlich, wie sehr die Luftwärme ausser
Insolationsverhältnissen noch von anderen mächtig influirenden und
**nderlichen** Factoren bedingt wird. Wenn am 22. Januar 1846 zu
**nkfurt** am Main eine Wärme von 8½° R. herrschte, so konnte diese
Temperatur unmöglich direct durch die Sonnenstrahlen hervor-
**fen** sein, und zwar um so weniger, als jener Tag ein durchaus be-
**ter** Regentag war; die damals herrschenden Südwestwinde hatten
Wärme offenbar aus südlicheren Gegenden zugeführt; eben so wie
verhältnissmässig niedrige Temperatur des 14. Mai 1846 nur das
**ltat** rauher Nordostwinde war.

Somit ist denn klar, dass theoretische Betrachtungen nicht genügen,
die klimatischen Verhältnisse eines Landes zu bestimmen oder den
**g** der täglichen oder jährlichen Temperaturschwankungen zu er-
**eln**. Die wahre Vertheilung der Wärme auf der Erdkugel lässt sich
durch zahlreiche, Jahre lang fortgesetzte Beobachtungen genügend
**tteln**. Humboldt hat hier den für alle Naturwissenschaften einzig
allein zur Wahrheit führenden Weg der Induction zuerst mit Erfolg
**ten**. Auf seinen Reisen auf beiden Hemisphären hat er mit uner-
**lichem** Eifer zahlreiche Thatsachen gesammelt, und durch geistreiche

Combinationen dieser Thatsachen zuerst eine wissenschaftliche [illegible] logie begründet.

162 **Thermometer-Beobachtungen.** Um durch die Beo[illegible] des Thermometers den Gang der Lufttemperatur für irgend e[illegible] kennen zu lernen, bedarf es vor allem guter und zweckmässig auf[illegible] Thermometer.

Die zu meteorologischen Beobachtungen dienenden Ther[illegible] sind fast ausschliesslich Quecksilberthermometer. Nur in Au[illegible] fällen, wenn die Temperatur nahe bis zum Gefrierpunkt des Que[illegible] oder selbst noch unter denselben fällt, müssen Weingeistthen[illegible] angewendet werden.

Früher waren zu meteorologischen Beobachtungen fast au[illegible] lich Thermometer mit Reaumur'scher Scala angewandt [illegible] neuerer Zeit aber wird die, ohnedem bei allen übrigen wissensch[illegible] Untersuchungen allgemein benutzte 100theilige Scala [illegible] auch bei meteorologischen Beobachtungen eingeführt, wie [illegible] den meteorologischen Stationen der Schweiz, Badens und [illegible] Fall ist. Die Thermometer dieser Stationen sind mit [illegible] glas versehen, deren Grade noch in fünf gleiche Theile getheil[illegible] dass man fast auf 100tel Grade genau ablesen kann.

Damit die Thermometer wirklich die Temperatur der fr[illegible] angeben, müssen sie durch ihre Aufstellung sorgfältig vor allen [illegible] Einflüssen geschützt sein, was die societas palatina zu Mannhe[illegible] im Jahre 1781 durch folgende Bestimmungen zu erreichen suc[illegible] Thermometer soll ausserhalb des Zimmers frei, d. h. etwas ent[illegible] wohl vom Boden als von den Wänden des Gebäudes so aufgehä[illegible] den, dass ihm zwar gegen Norden ein freier Horizont geboten [illegible] sowohl die directen als auch die reflectirten Sonnenstrahlen [illegible] abgehalten sind. Beim Ablesen soll man sich hüten, den Sta[illegible] durch den Rauch der Lampe, noch durch den Athem zu veränd[illegible]

Die Thermometer der schweizerischen meteorologischen [illegible] befinden sich in einem Blechgehäuse, Fig. 251, welches unten o[illegible] aber von einem conischen Dach *a* überdeckt ist, über dessen obere[illegible] ein zweites conisches Dächlein *b* so angebracht ist, dass zwischen [illegible] noch ein freier Zwischenraum bleibt. Die Vorderseite des Geh[illegible] durch eine in unserer Figur weggelassene Thür verschliessba[illegible] nur behufs der Beobachtung geöffnet wird. Rechts und link[illegible] Wand des Gehäuses durchbrochen, aber ungefähr ein Zoll vor der [illegible] ist ein Blech *c* angebracht, welches etwas grösser ist als die [illegible] selbst. Eine in ähnlicher Weise geschützte Oeffnung befindet [illegible] der Rückseite des Gehäuses.

Auf diese Weise ist das Thermometer sowohl vor Schnee u[illegible] als auch vor jeder directen Strahlung geschützt, während ein fre[illegible] zug nach allen Seiten hin gesichert ist. Aber das Gehäuse se[illegible]

ı directen Sonnenstrahlen getroffen werden, weil es sich hitzen würde. Da aber selbst eine freie nach Norden ge- im Sommer Morgens und Abends von den Sonnenstrahlen getroffen wird, so muss durch leichte, etwa 2 Fuss entfernte Bretter dafür gesorgt sein, dass das Gehäuse mindestens $2^1/_2$ Stunden vor der Ablesung nicht von der Sonne beschienen werden kann. Es versteht sich von selbst, dass das nach Norden gelegene Zimmer, vor dessen Fenster das Thermometer aufgestellt ist, im Winter nicht geheizt werden darf, und dass das Fenster gleich nach gemachter Ablesung wieder geschlossen werden muss.

Fig. 251.



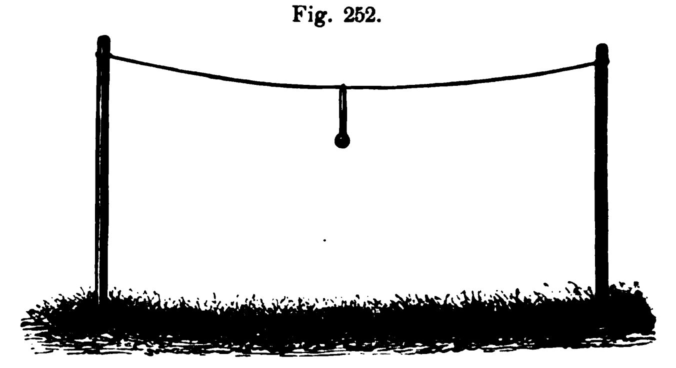
Noch besser als die eben besprochene Aufstellung vor einem nach Norden gelegenen Fenster ist die folgende: Das Blechgehäuse, welches in diesem Falle auch rechteckig sein kann, und durch jalousieartige Wände gebildet wird, kommt in ein rechteckiges, von 4 Pfählen getragenes ısionen um mindestens 60 Centim. grösseres Gehäuse von rn zu stehen, welches nach Norden offen, auf der unteren ; zwei Holzleisten zum Tragen des Blechkastens versehen ısselbe an einer ringsum freien Stelle, womöglich 3 Meter ɔden sich befinden. Behufs der Ablesung wird eine feste ıe Treppe an das Gerüst gestellt (Wild, Instruction für ᵖ Stationen in Russland).

m Thermometer, an welchem die Lufttemperatur abgelesen sich in dem Blechgehäuse noch andere Instrumente, von ie Rede sein wird.

(Jahresb. der Münchener Sternwarte für 1852) machte ·sten Blick überraschende Beobachtung, dass ein Thermo- auf einem ganz freien Grasplatz (nicht auf einer nackten ıtfernt von Gebäuden und Bäumen, aufgehängt, also nicht zuge, sondern auch den Strahlen der Sonne, wenn dieselbe etzt ist, eine Temperatur zeigt, welche nur wenig von der · im Schatten abweicht. Zwischen zwei 8 Fuss hohen 252 (a. f. S.), war ein dünner Draht ausgespannt, an

welchem ein Thermometer mit auf das Rohr eingeätzter Scala mit Bindfaden ganz kurz angebunden war. Zwei Jahre lang (1850 1851) wurde der Stand dieses Thermometers von Morgens 7 Uhr Abends 6 Uhr von Stunde zu Stunde beobachtet und mit dem gl

Fig. 252.



zeitigen Stande eines im Schatten aufgehängten Thermometers vergl Die folgende Tabelle enthält die mittlere Differenz des Sonnenth meters von der Temperatur im Schatten für die Stunden 7 Uhr Mo 12 Uhr Mittags und 6 Uhr Abends im Jahre 1850.

| | 7 Uhr. | 12 Uhr. | 6 Uhr. |
|---|---|---|---|
| Januar . . . . . . | — 0,05° R. | — 0,06° R. | — 0,08° R. |
| Februar . . . . . | 0,09 | 0,66 | 0,01 |
| März . . . . . . | — 0,06 | 0,87 | — 0,19 |
| April . . . . . . | 0,00 | 0,13 | — 0,21 |
| Mai . . . . . . . | — 0,08 | 0,27 | 0,03 |
| Juni . . . . . . . | — 0,38 | 0,40 | — 0,28 |
| Juli . . . . . . . | — 0,39 | — 0,07 | — 0,06 |
| August . . . . . | — 0,22 | 0,32 | — 0,14 |
| September . . . . | — 0,09 | 0,72 | — 0,64 |
| October . . . . . | — 0,34 | 0,24 | — 0,43 |
| November . . . . | — 0,14 | 0,18 | — 0,04 |
| December . . . . | — 0,13 | 0,46 | — 0,16 |
| Mittel . . . . | — 0,15 | 0,34 | — 0,18 |

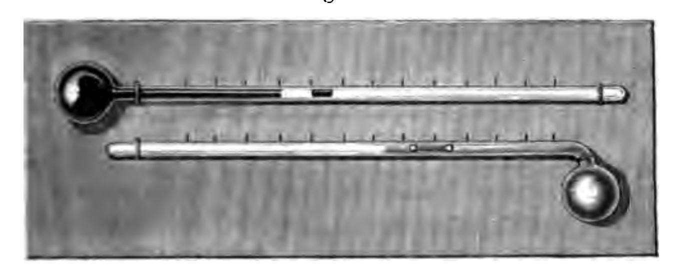
Es findet also an der Thermometerkugel eine fast vollständig flexion der Sonnenstrahlen Statt.

Ganz andere Resultate erhält man freilich, wenn man das Thermo-
r an einer von den Sonnenstrahlen beschienenen Wand aufhängt oder
cht über nacktem, von der Sonne beschienenem Sandboden anbringt.
r solchen Umständen kann das Thermometer bis auf 40° R. und
ber steigen, es ist dies aber die Temperatur der Wand oder des
ns, welche die Wärmestrahlen der Sonne stark absorbiren.

**Maximum und Minimum-Thermometer.** Es ist für die **163**
orologie vielfach von Wichtigkeit, die höchste und niedrigste Tem-
ur zu kennen, welche innerhalb einer gegebenen Zeit, etwa innerhalb
tunden geherrscht hat. Wollte man die Temperaturextreme eines
s durch Beobachtung gewöhnlicher Thermometer ermitteln, so müsste
die Temperatur immer nach je 30 Minuten, oder doch mindestens
Stunde beobachten, ein äusserst mühsames und zeitraubendes und
lb für die Dauer nicht durchführbares Geschäft. Man hat deshalb
ch versucht, Instrumente zu construiren, welche gestatten, das Maximum
Minimum der Temperatur abzulesen, welche zwischen zwei auf ein-
r folgenden Beobachtungsterminen stattgefunden hat. Wir wollen
e derselben näher betrachten.

Rutherford's schon 1794 construirter Thermometrograph ist
g. 253 abgebildet. Er besteht aus zwei Thermometern, deren Röhren

Fig. 253.



recht liegen, und von denen das eine ein Quecksilberthermometer,
ndere ein Weingeistthermometer ist. In der Röhre des Quecksilber-
ometers liegt ein Stahlstiftchen, welches durch die Quecksilbersäule
schoben wird, wenn sich das Quecksilber in der Kugel dieses Ther-
ters ausdehnt; wenn nun aber das Thermometer erkaltet, so zieht
lie Quecksilbersäule wieder zurück, das Stahlstäbchen aber bleibt an
telle liegen, bis zu welcher es bei dem höchsten Stande des Thermo-
s geschoben worden war; ein solches Thermometer giebt also das
mum der Temperatur an, welches innerhalb einer gewissen Periode
rscht hat.

In der Röhre des Weingeistthermometers liegt ein ganz feines Glas-
hen, welches an beiden Enden etwas dicker ist, wie man Fig. 253
ich sieht; das Glasstäbchen liegt noch in dem Weingeistsäulchen,

und wenn der Weingeist in der Kugel erkaltet und sich die Wei
säule in der Röhre bis an das erste Knöpfchen des Glasstäbchens z
gezogen hat, so wird bei fernerem Sinken der Temperatur das
stäbchen in Folge der Adhäsion zwischen Weingeist und Glas v
noch weiter sich zurückziehenden Weingeistsäule mitgenommen;
aber die Flüssigkeit in der Kugel wieder wärmer wird, so geht
Steigen des Thermometers die Flüssigkeit an dem Stäbchen vorbei
es fortzuschieben; das Stäbchen, welches von dunkelfarbigem Gl
macht sein muss, damit man es deutlich sehen kann, bleibt also
Stelle liegen, welche dem Minimum der Temperatur entspricht, die
halb eines gewissen Zeitraumes herrschte.

Während die Kugel des einen Thermometers auf der rechten
liegt, liegt die des anderen links; wenn man nun den ganzen A
etwas nach der linken Seite neigt und leise daran stösst, so f
Stahlstäbchen durch sein Gewicht bis auf die Quecksilbersäule, da
stäbchen aber bis an das Ende der Weingeistsäule. Wenn man
vorgerichtete und wieder horizontal gestellte Instrument stehen l
wird bei jedem Steigen der Temperatur das Stahlstäbchen fortgesc
das Glasstäbchen aber bei jedem Sinken der Temperatur zurückge

Dieses Instrument ist besonders geeignet, um das Maximum
Minimum der täglichen Temperatur anzugeben. Wenn man es etwa
Abends in Stand setzt, so kann man den folgenden Abend ablesen, v
die höchste und welches die niedrigste Temperatur während der
24 Stunden war.

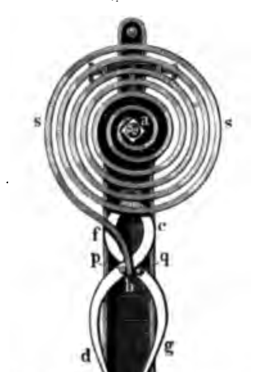
Fig. 234 stellt das von Bellani und Bunten verbesserte Si
Maximum- und Minimum-Thermometer dar. An das Thermo
gefäss [illegible] setzt sich die etwas weite heberförmig gebogene Röhre [illegible]
welche auf der anderen Seite mit dem Gefäss $g$ endigt. Der unter
der umgebogenen Röhre enthält Quecksilber. Das Gefäss $d$ u
[illegible] bis auf das Quec
[illegible] Weingeist gefüllt [illegible] dem Schenkel
[illegible] aufsitzt. Das el
[illegible] der Röhre
[illegible] welcher aus
[illegible] federnden
[illegible] Stand zu
[illegible] Röhre geh
[illegible] herabg
[illegible] Höhe ges
[illegible] Stelle stehen
und [illegible] lässt. Sob
Temperatur [illegible] während d
Röhre [illegible] links
des [illegible] sinken [illegible]
Der linken [illegible] Maximum der [illegible]

hrend der letzten 24 Stunden an, wenn das Instrument jeden eobachtet und die Indices wieder auf das Quecksilber herab- werden.

Rutherford'sche Instrument kommt ebenso wie das Six'sche leicht in Unordnung. Bei weitem zuverlässiger ist das Metall-Maximum- und Minimum-Thermometer von Herrmann und Pfister in Bern. Es besteht aus einem ungefähr 1 Meter langen, 1 Centimeter breiten und 1,25 Millimeter dicken Stahlstreifen, auf welchem seiner ganzen Länge nach ein Messingstreifen von gleichen Dimensionen aufgelöthet ist. Dieser Metallstreifen ist dann derart zu einer Spirale *s*, Fig. 255, gebogen, dass der Stahl die äussere, das Messing die innere Seite der einzelnen Windungen bildet. Um das Rosten zu verhindern, wird die ganze Spirale vergoldet. Das innere Ende der Spirale ist in einen festen Metallzapfen *a* eingesetzt, während das äussere Ende *b* frei bleibt. Bei einer bestimmten Temperatur nimmt *b* auch eine bestimmte Stellung ein; wird es wärmer, so dehnt sich das Messing stärker aus als der Stahl und in Folge dessen wird das freie Ende *b* der Spirale nach links bewegt, während es bei sinkender Temperatur nach rechts geht.

254.

Fig. 255.




Hinter der Spirale sind nun zwei Zeiger *cd* und *fg* angebracht, welche um einen mit der Axe der Spirale parallelen Zapfen mit leichter Reibung drehbar sind. Auf dem einen Zeiger ist ein Stift *p*, auf dem anderen ist ein Stift *q* befestigt, und den Stifte ragen so weit vor, dass sie in das freie Ende *b* der nstossen, wenn man die Zeiger in der entsprechenden Richtung Bringt man nun die beiden Stifte *p* und *q* mit *b* in Berührung, die Spitzen der beiden Zeiger zusammen und zeigen auf den ch der Scala, welcher der eben herrschenden Temperatur ent- Steigt die Temperatur, so wird zunächst der Stift *p* sammt dem *d* fortgeschoben, bis das Maximum der Lufttemperatur eingetreten der Stelle, an welcher der Zeiger *cd* in diesem Momente steht,

bleibt er aber auch stehen, wenn nun die Temperatur wieder abn
und das freie Ende $b$ der Spirale wieder zurückgeht. — Wenn der S
mit $b$ in Berührung ist, so wird der Zeiger $fg$ nach rechts gesch
bis das Minimum der Lufttemperatur eingetreten ist, und bleibt
stehen, wenn die Temperatur wieder steigt. — Mittelst zweier hint
Spirale befindlicher Schrauben ist man im Stande, den Zapfen, in we
das innere Ende der Spirale befestigt ist, etwas nach der einen
der anderen Seite zu drehen und so den Stand des Instrumentes
guliren.

In dem Gehäuse, Fig. 251, ist ausser zwei Quecksilberther
(die Kugel des einen ist aus später zu besprechenden Gründen
Läppchen von Pergal oder feinem Leinen umwickelt) auch noch
mum- und Minimum-Thermometer der eben besprochenen Art,
auch noch ein Haarhygrometer angebracht.

164 **Die registrirenden Instrumente.** Wenn es auch f
Mehrzahl der meteorologischen Stationen vollkommen genügend ist,
der Stand der Instrumente dreimal täglich beobachtet und notirt
so ist es doch höchst wünschenswerth, die Beobachtungen eines gr
Rayons durch die fortlaufenden Aufzeichnungen einer Centralst
gewissermaassen zu vervollständigen und so für die Wissenschaft
bringender zu machen. Zur Ausführung solcher fortlaufender Au
nungen hat man nun die selbstregistrirenden Instrumente
struirt.

Die älteste Methode solcher Aufzeichnungen bestand darin, den
des betreffenden Instrumentes mit einem Bleistift zu versehen, w
auf einem durch ein Uhrwerk mit gleichförmiger Geschwindigkeit
geführten Papierstreifen eine Curve zeichnete, deren Abscissen d
deren Ordinaten aber dem jeweiligen Stande des Instrumentes ent
Diese Methode, welche z. B. bei den Kreil'schen Registrir
Verwendung gefunden hat, leidet an dem Uebelstand, dass bei
Instrumenten die Empfindlichkeit desselben durch die Reibung d
stifts auf dem Papier allzusehr beeinträchtigt wird.

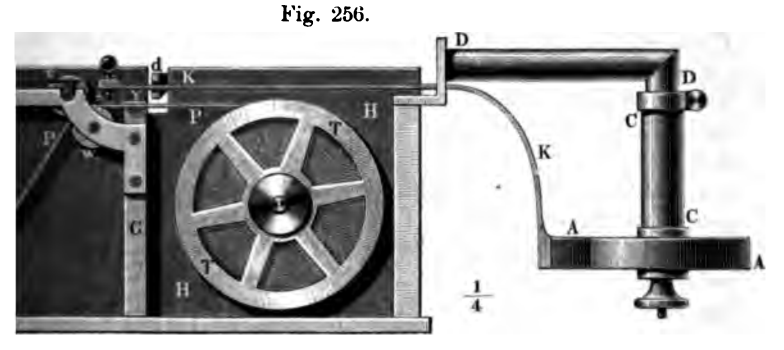
Lamont (Beschreibung der auf der Münchener Sternwart
wendeten neuen Instrumente und Apparate, 1851) ersetzte den
streifen durch eine um ihre Axe gedrehte Walze, deren Umfang
Russ geschwärzt ist, den Bleistift aber durch einen Stahlstift.

Hipp änderte die ursprüngliche Methode dahin ab, dass er den
stift durch eine Nadelspitze ersetzte, welche nur von Zeit zu Zeit
alle 10 Minuten, momentan in das unterliegende Papier eingedrückt
die übrige Zeit hindurch aber nicht mit demselben in Berührung
Fig. 256 und Fig. 257 stellen ein Hipp'sches Registrir-The
meter dar, wie es Wild von Hasler in Bern für die Berner Stern
ausführen liess.

Der thermometrische Apparat ist ein Metall-Thermomete

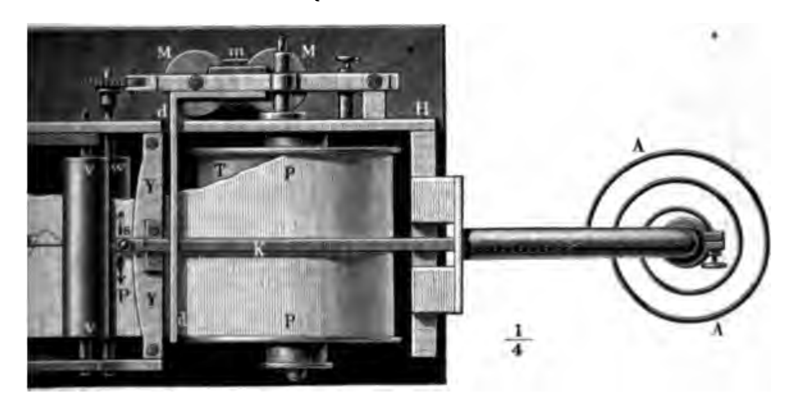
wir es bereits in §. 163 kennen lernten. Das innere Ende der
1 (welche übrigens nicht bloss 3 Windungen hat, wie es Fig. 257
sondern 7, wie man in Fig. 255, Seite 433, sieht) ist unver-
am unteren Ende der Messingröhre *C*, welche über den verti-

Fig. 256.




il eines ebenfalls röhrenförmigen Messingwinkels *DD* geschoben
nit einer Zwinge daran festgeklemmt werden kann. Die Messing-
ist an dem Gestelle des Schreibapparates in einer Weise befestigt,
sie aus den Figuren 256 und 257 deutlich ersehen kann. Es
r nur noch bemerkt werden, dass, der Raumersparniss wegen,
zontale Theil der Röhre *D* verhältnissmässig zu kurz und die
*A* zu klein gezeichnet ist. Der horizontale Theil von *D* ist
ng und der Durchmesser der Spirale beträgt 112$^{mm}$.

Fig. 257.




äusseren Ende der thermometrischen Spirale ist ein leichter,
ch Oben gehender, dann horizontal umgebogener Messingzeiger
enietet. In das freie Ende dieses Zeigers ist ein Stahlstift ein-
welcher unten eine Nadelspitze *s* trägt. Wenn es wärmer wird,
ich die Spirale *A* etwas auf, die Spitze *s* wird also in der Rich-
ungefiederten Pfeilchens hin bewegt, während sie in der Rich-

dem Messingstäbchen $d$ her durch einen feinen Schlitz, welche
der oberen Fläche der verticalen Messingwand $G$ und der d
gebrachten Messingplatte $Y$ frei geblieben ist. Aus diesem S
austretend gelangt dann der Papierstreifen unter der Spitze
zwischen zwei Walzen $v$ und $w$, welche beide um horizontale
bar sind und von denen die obere $v$, durch die Federn $h$ lei
die andere angedrückt wird. Sobald nun die eine dieser
entsprechender Richtung gedreht wird, so wird der Papierstre
Richtung des grösseren Pfeiles fortgezogen. Um die Walze $w$
zum Theil sich sichtbar zu machen, erscheint in Fig. 257 ein
dem Papierstreifen $P$ herausgerissen.

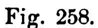
Der Gang des Apparates ist folgender: Alle 10 Minute
Strom einer Säule von 3 bis 6 grossen, 35cm hohen, mit ein
von Kochsalz und Alaun gefüllten Zink-Kohlenbechern durch
lung einer guten Pendeluhr geschlossen und durch die Windu
Elektromagnets $M$ hindurchgesandt, welcher auf der Rückseite d
wand $H$ befestigt und dessen Ansicht in Fig. 258 gegeben is
Figur ist nur der Anfang der Röhre $T$ dargestellt, die therm
Spirale, welche er trägt, ist aber weggelassen). Sobald de
magnet in Thätigkeit gesetzt wird, wird der Anker $m$ an- u
die rechte Seite (Fig. 258) des Hebels $l$ niedergezogen, wod
das Niederdrücken des Messingstäbchens $d$ bewerkstelligt wir
mittelst eines rechtwinklig umgebogenen Stückes am Hebel $l$ b
Das Niederdrücken des Stäbchens $d$ bewirkt alsdann das
der Spitze $s$ in das Papier, also die Markirung eines Punktes.

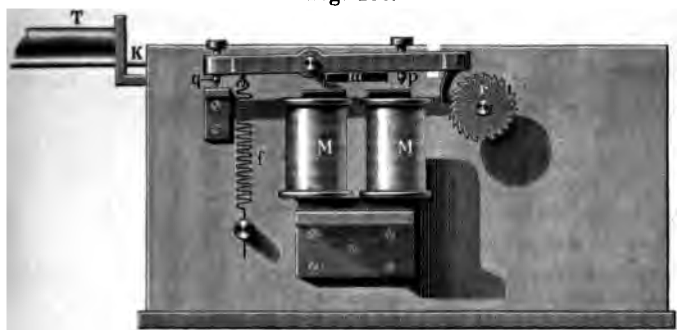
Mit dem Niedergang der rechten Seite des Hebels $l$ wir
hier leicht beweglich eingehängte Stahlhaken so weit hinab b
er aus der Lücke des Zahnrades $r$, in welcher er bisher sa
geschoben wird und in die folgende Zahnlücke einfällt. Wenn
ganz kurz dauernder Schliessung der Strom wieder unterbro
der Elektromagnet also seinen Magnetismus wieder verliert,
linke Seite des Hebels $l$ durch die Feder $f$ niedergezogen un
das Rad $r$ um einen Zahn weiter geschoben. Das Zahnrad $r$ i
der Axe der Walze $w$ befestigt, so dass dieselbe also jewei
Unterbrechung des Stromes um einen Winkel gedreht wird,
Breite eines Zahnes des Rades $r$ entspricht. Durch diese Dr

: *w* wird nun aber auch der Papierstreifen *P* um eine entsprechende e vorgeschoben und ihm die Stellung gegeben, in welcher er bis zur irung des nächsten Punktes verharrt.

Die Bewegung des Hebels *l* ist einerseits durch die Schraube *p*, anseits durch die Schraube *q* begränzt.

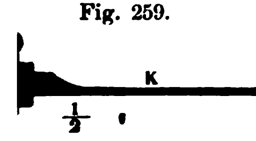
Das Drehen der Walze *w*, also das Fortziehen des Papierstreifens *P*, ;t bereits ehe die Nadel *s* ganz aus dem von ihr im Papier geten Loch zurückgezogen ist, sie würde also entweder die Bewegung apiers hemmen oder einen Riss in dasselbe machen, wenn dergleichen


Fig. 258.




durch eine besondere Vorrichtung verhindert würde. Die Spitze *s* mlich nicht unmittelbar fest in das Ende des Zeigers *K*, sondern in ssingklötzchen eingesetzt, welches um die horizontale Axe *b*, Fig. 259, drehbar, in eine verticale rectanguläre Höhlung nahe am Ende des rs *K* eingelassen ist. Wenn *K* nicht niedergedrückt ist, so nimmt lessingklötzchen die in Fig. 259 verzeichnete Stellung ein, indem rch sein Uebergewicht leicht gegen die verticale Wand der Höhlung lrückt wird, welche die Oeffnung nach der rechten Seite (der Figur) egränzt. Ist aber die Spitze in das Papier eingestochen und wird dasselbe dann ein wenig nach links gezogen, so kann die Spitze mit dem Klötzchen leicht folgen, ohne das Papier zu zerreissen, weil eine kleine Drehung um den Zapfen *b* stattfinden kann.

Fig. 259.




Zum Schutz gegen Staub u. s. w. ist der Apparat mit Ausnahme der Spirale und ihres Trägers von einem ;baren Gehäuse von Glas und Holz umgeben.

Um aus den markirten Punkten auf die ihnen entsprechende Tempeschliessen zu können, muss man ihren Abstand von einer bestimmten ssenlinie messen können, und eine solche wird durch den Apparat ; ungefähr in der Mitte des Papierstreifens parallel mit seinen Rängezogen. Es geschieht dies durch ein kleines, in unseren Zeichen nicht sichtbares Röllchen mit scharfem Rande, welches in einem

**auf der Mitte der Messinglamelle $Y$ aufgesetzten Metallstück angebracht ist und welchem eine kleine Vertiefung in der Unterlage entspricht.**

Um aus dem Abstand der markirten Punkte von der Mittellinie auf die entsprechende Temperatur schliessen zu können, ist erforderlich, die Temperatur zu ermitteln, für welche der Markirungspunkt gerade auf die Mittellinie fällt und welcher Temperaturänderung je 1 Millimeter der Ordinatenlängen entspricht. Um diese Bestimmungen auszuführen, wird die thermometrische Spirale ganz in ein Gefäss mit Wasser eingetaucht, dessen Temperatur man an einem guten Quecksilberthermometer ablesen kann. Wenn man annehmen kann, dass die Spirale ganz die Temperatur des Wasserbades angenommen habe, wird die Kette geschlossen und also ein Punkt markirt. Es sei $t$ die Temperatur des Wasserbades und $a$ der in Millimetern ausgedrückte Abstand des markirten Punktes von der Mittellinie, so haben wir

$$t - x = \pm a \, . \, y \quad \ldots \ldots \ldots 1)$$

wenn $x$ die der Mittellinie entsprechende Temperatur, $y$ aber die Temperaturänderung bezeichnet, welche einer Verlängerung der Ordinaten um $1^{mm}$ entspricht. Das untere Zeichen gilt für den Fall, dass die Markirungspunkte unterhalb der Mittellinie liegen. Als z. B. die Temperatur des Wasserbades $5{,}3^0$ C. betrug, fiel der Markirungspunkt $1{,}3^{mm}$ unter die Mittellinie, wir haben also die Gleichung

$$5{,}3 - x = - 1{,}3 \, y \quad \ldots \ldots \ldots 2)$$

Um die Werthe von $x$ und $y$ zu bestimmen, muss man wenigstens zwei solche Versuche bei möglichst weit von einander abstehenden Temperaturen anstellen. Als die Temperatur des Wasserbades $21{,}1^0$ C. betrug, fand man, dass für dasselbe Instrument der Markirungspunkt $24{,}5^{mm}$ über der Mittellinie liege, wir haben also

$$21{,}1 - x = 24{,}5 \, y \quad \ldots \ldots \ldots 3)$$

Aus der Combination der beiden Gleichungen 2) und 3) ergiebt sich nun

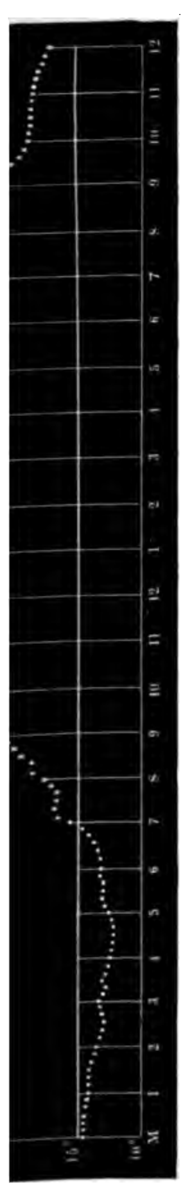
$$x = 6{,}096$$
$$y = 0{,}612$$

Für eine Temperatur von $6{,}096^0$ C. werden also die Markirungspunkte gerade auf die Mittellinie fallen und einer Entfernung der Markirungspunkte um je $1^{mm}$ entspricht eine Temperaturänderung von $0{,}612^0$ C.

Da nun aber derartige Bestimmungen stets mit unvermeidlichen Fehlern beobachtet sind, so macht man statt zweier Beobachtungen deren mehrere, etwa 12, und nimmt aus den verschiedenen Werthen für $x$ und $y$, welche sich aus ihnen ergeben, das Mittel. Aus 12 verschiedenen Beobachtungen fand z. B. Wild für das oben besprochene Instrument nach der Methode der kleinsten Quadrate

$$x = 6{,}054^0 \text{ und } y = 0{,}6049^0.$$

nkt, welcher um $a$ Millimeter von der Mittellinie absteht, ist rechende Temperatur



$$t = (6{,}054 \pm 0{,}60494\,a)^0\ C.$$

Durch Verstellung der Spirale kann man die Lage der Mittellinie gegen die Punktenreihe verrücken, also den Werth von $x$ verändern. — Fig. 260 ist das Facsimile der Temperaturcurve, welche ein derartiger Apparat zu Bern am 25. Juli 1861 (bürgerliche Zeit) von Mitternacht bis Mitternacht geschrieben hat. Von den geraden Linien dieser Figur ist nur die Mittellinie, welche in diesem Falle fast ganz genau der Temperatur von 15° C. entsprach, durch den Apparat selbst gezogen, die übrigen geraden Linien sowie die Zahlen sind nachträglich eingezeichnet.

Die Besprechung der Methoden, mit Hülfe deren man auf kürzestem Wege aus der Temperaturcurve eines Tages die mittlere Temperatur des Tages ableiten kann, würde uns hier zu weit führen.

Nach ähnlichen Principien hat man nun auch selbstregistrirende Barometer, Regenmesser, Hygrometer und Apparate construirt, welche die Richtung und die Stärke des Windes notiren. Die Beschreibung der genannten Apparate, wie dieselben auf der Sternwarte zu Bern aufgestellt sind, hat Wild in dem 2. Bande von Carl's Repertorium veröffentlicht. Wir werden theilweise noch auf diese Instrumente zurückkommen.

Von ganz besonderem Werthe für die Wissenschaft würden solche selbstregistrirende Instrumente sein, welche ein Jahr lang fortgehen, ohne eines Nachsehens zu bedürfen, weil sie an unbewohnten und unbewohnbaren Orten aufgestellt, Auskunft über meteorologische Fragen geben könnten, die auf keinem anderen Wege zu er-

Bis jetzt ist es freilich noch nicht geglückt, Apparate ausche diesem Zweck vollkommen entsprechen, die gemachten ügen aber, um die Ausführbarkeit der Idee darzuthun.

Wild beabsichtigte, einen derartigen meteorologischen Registrirapp (für Temperatur, Windrichtung und Windstärke) auf dem Gipfel Schreckhorns aufzustellen; die Ausführung dieses Planes wurde durch dessen Berufung nach Russland verhindert.

165 **Die täglichen Variationen der Lufttemperatur.** N dem wir nun die Hülfsmittel kennen gelernt haben, deren man be um die Lufttemperatur an einem gegebenen Orte und zu bestim Zeiten zu ermitteln, wollen wir uns jetzt zur Betrachtung der Resu wenden, welche man mit Hülfe dieser Instrumente erlangt hat. We wir uns zunächst zur Betrachtung der täglichen Variationen.

Um zu erforschen, nach welchen Gesetzen die Temperatur der teren Luftschichten im Laufe eines Tages ändert, muss das Thermon in regelmässigen, möglichst kurzen Zeitintervallen abgelesen werden, zwar sind zu diesem Zwecke mindestens stündliche Beobachtun nöthig, d. h. das Thermometer muss bei Tag und bei Nacht von St zu Stunde abgelesen werden. Die älteste derartige Beobachtungs ist die, welche Chiminello zu Padua während eines Zeitraumes 16 Monaten machte. Später wurde eine ähnliche Beobachtungsreih Brewster's Veranlassung auf dem Fort Leith bei Edinburgh anges welcher dann bald noch weitere derartige Beobachtungsreihen fol unter denen wir die zu Halle, Göttingen, München, Kremsmün Prag, Brüssel, Greenwich, Apenrade, Rom, der karischen Pfo Petersburg, Nertschinsk, Barnaul, Bombay, Madras, Rio neiro, Frankfort-Arsenal bei Philadelphia, Insel Melville hervorheben.

Gegenwärtig ist die äusserst mühsame und zeitraubende A stündlicher Beobachtungen, welche ohne Zusammenwirken mehrerer sonen gar nicht ausführbar ist, an vielen Hauptstationen durch die stellung registrirender Instrumente, welche den Gang der Tempe noch weit besser darstellen, überflüssig geworden.

Wenn man die stündlichen Beobachtungen oder die Aufzeichnu registrirender Instrumente einzelner Tage betrachtet, so findet man, der Gang der Temperatur keineswegs ein so regelmässiger ist, wie nach §. 159 vermuthen sollte; er ist vielmehr ein ziemlich regelloser von einem Tage zum anderen oft wechselnder. So geben z. B. die be untersten feingezogenen Curven der Fig. 1 Tab. 12, den Münch Beobachtungen zufolge, den Gang der Temperatur am 9. und 10. nuar 1841. Am 9. Januar stieg die Temperatur von 3 Uhr Na (8. Januar $15^h$ astronomische Zeit) ziemlich regelmässig bis 2 Uhr N mittags um $3^3/_4$ Grad, um dann bis zum 10. (9. Jan. $16^h$ astronomi Zeit) um 4 Uhr Morgens um 12 Grad zu sinken. Am 10. Januar s dann das Thermometer in unregelmässigem Gange bis Mitternacht wie um 9°. Die beiden fein gezeichneten Curven der Fig. 2 Tab.

den Gang der Lufttemperatur zu München am 10. und 18. Juli dar.

Solche Anomalien und Differenzen lassen sich leicht erklären, wenn bedenkt, dass der Gang der Temperatur allerdings von der Stellung Sonne gegen den Horizont abhängt, dass aber die Wirkung der nstrahlen wesentlich durch die Windrichtung, den Bewölkungs- nd des Himmels u. s. w. modificirt werden. Deshalb tritt denn der normale Gang der täglichen Temperaturschwankun- nicht immer unmittelbar in die Erscheinung, sondern er kann nur ittel aus grösseren Beobachtungsreihen dargestellt werden.

Nimmt man aus allen während der Jahre 1841, 1842 und 1843 im zu München Morgens um 4 Uhr gemachten Beobachtungen das Mittel, hält man 9,9°. Ebenso ergiebt sich für 6 Uhr im Juli die mittlere eratur 12,2°; für 8 Uhr 14°, für Mittag 16° u. s. w. Die stark zogene Curve in Fig. 2, Tab. 12 stellt den normalen Gang der hen Temperaturschwankungen zu München im Laufe des Monats ar, wie er sich aus den auf die angegebene Weise erhaltenen Mittel- ergiebt.

Die stark ausgezogene Curve in Fig. 1, Tab. 12 hat die gleiche Be- ng für den Monat Januar.

Im Durchschnitt steigt also zu München im Juli die Temperatur von r Morgens an (kurz vor Sonnenaufgang) anfangs rasch, dann lang- bis 2 Uhr Nachmittags, um wieder anfangs rasch und dann lang- bis zum nächsten Sonnenaufgang abzunehmen.

Das Minimum der Temperatur findet also ungefähr zur Zeit des enaufgangs, das Maximum ungefähr um 2 Uhr Nachmittags Statt.

Die Differenz des täglichen Maximums und Minimums beträgt im 6,2° R.

Im Januar ist der normale Gang der täglichen Wärmeschwankungen ganz anderer. Das Minimum der Wärme findet gleichfalls zur Zeit onnenaufgangs Statt, welcher aber jetzt auf eine weit spätere Stunde das Maximum ungefähr um 1 Uhr Nachmittags. Das tägliche mum ist aber im Durchschnitt nur um 2° höher als das tägliche mum.

Die Grösse der mittleren täglichen Temperaturveränderung ist, wie bereits gesehen haben, nicht für alle Monate dieselbe; sie beträgt zu chen im Januar 2°, im Juli 6,2°. Ebenso ist die Grösse dieser mitt- täglichen Veränderung an verschiedenen Orten nicht dieselbe, wie aus folgender Tabelle ersieht, welche diese Grösse für verschiedene und für die zwölf Monate des Jahres angiebt.

| | Rio-Janeiro. | Bombay. | Frankfort-Arsenal. | Rom. | Prag. | Halle. | Brüssel. | Greenwich. | Leith. | Petersburg. | Nertschinsk. | Boothia. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Januar . . | 2,58° | 3,47° | 5,33° | 4,55° | 1,42° | 1,89° | 1,84° | 2,21° | 1,18° | 1,27° | 4,94° | 0,26° |
| Februar . | 2,79 | 3,23 | 5,64 | 5,61 | 2,85 | 3,38 | 2,62 | 2,84 | 1,59 | 1,52 | 6,33 | 1,54 |
| März . . . | 2,70 | 2,63 | 6,05 | 5,81 | 3,52 | 4,04 | 4,08 | 4,80 | 2,74 | 3,51 | 7,47 | 5,76 |
| April . . . | 2,47 | 2,32 | 6,86 | 6,35 | 6,10 | 6,32 | 6,62 | 5,71 | 4,70 | 5,71 | 7,73 | 5,33 |
| Mai . . . | 2,73 | 2,07 | 7,35 | 6,61 | 4,61 | 7,47 | 6,68 | 6,17 | 3,82 | 6,41 | 9,30 | 5,41 |
| Juni . . . | 2,81 | 1,96 | 7,81 | 7,76 | 6,20 | 7,40 | 6,43 | 6,80 | 3,71 | 6,03 | 9,02 | 5,03 |
| Juli . . . | 3,31 | 1,21 | 7,78 | 7,95 | 5,02 | 7,36 | 5,45 | 5,78 | 4,25 | 5,25 | 7,48 | 3,64 |
| August . . | 2,67 | 1,47 | 6,97 | 7,71 | 4,67 | 7,14 | 7,11 | 6,55 | 3,37 | 6,40 | 7,92 | 2,72 |
| September | 2,29 | 1,76 | 7,80 | 7,05 | 4,86 | 6,42 | 5,63 | 5,63 | 3,58 | 5,06 | 7,94 | 1,60 |
| October . | 2,13 | 2,70 | 7,49 | 7,09 | 3,45 | 5,42 | 3,36 | 4,08 | 2,16 | 2,34 | 7,91 | 1,03 |
| November | 2,54 | 3,21 | 4,27 | 5,58 | 2,40 | 2,76 | 2,17 | 2,64 | 1,85 | 0,77 | 5,11 | 0,63 |
| December | 2,60 | 3,89 | 4,76 | 4,53 | 2,05 | 1,67 | 2,30 | 1,87 | 1,03 | 0,83 | 4,17 | 0,27 |

Es sind dies die mittleren Differenzen zwischen dem Maximum Minimum desselben Tages. An einzelnen Tagen ist diese Differenz grösser, an anderen wieder bedeutend kleiner. Die folgende Taenthält die grösste und die kleinste Differenz zwischen dem Maxiund Minimum desselben Tages, welche während einiger Jahre zu kfurt a. M. in den einzelnen Monaten beobachtet worden ist.

| | Grösste Differenz | | | Kleinste Differenz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1844 | 1845 | 1846 | 1844 | 1845 | 1846 |
| ır . . . | 6,3° | 5,6° | 7,2° | 1,0° | 0,2° | 0,7° |
| ıar . . . | 9,1 | 10,8 | 8,5 | 2,1 | 1,2 | 0,7 |
| . . . . | 8,8 | 9,7 | 12,6 | 2,1 | 1,7 | 1,5 |
| . . . . | 12,9 | 11,8 | 11,0 | 2,3 | 2,3 | 3,0 |
| . . . . . | 12,1 | 11,7 | 13,9 | 2,6 | 3,2 | 1,9 |
| . . . . . | 13,6 | 12,0 | 12,0 | 5,0 | 3,1 | 1,7 |
| . . . . . | 10,9 | 12,9 | 14,2 | 2,9 | 1,6 | 4,6 |
| st . . . | 12,3 | 12,2 | 11,2 | 1,9 | 2,1 | 3,5 |
| mber . . | 12,2 | 11,8 | 13,3 | 2,7 | 2,6 | 3,0 |
| ›er . . . | 9,3 | 8,1 | 9,5 | 2,1 | 2,2 | 2,5 |
| mber . . | 5,7 | 7,6 | 6,8 | 0,5 | 2,0 | 0,8 |
| nber . . | 7,5 | 8,0 | 9,1 | 0,3 | 0,2 | 0,6 |

Diese Data sind den meteorologischen Beobachtungen des physischen Vereins zu Frankfurt a. M. entnommen.

**Mittlere Temperatur der Tage, der Monate und des res.** 166 Nimmt man aus den 24 im Laufe eines Tages gemachten ›eraturbeobachtungen das Mittel, so erhält man die mittlere Temtur des Tages.

Hat man auf diese Weise die mittlere Temperatur aller Tage eines ts ermittelt, so erhält man die mittlere Temperatur des Monats, man aus den 30 oder 31 Tagesmitteln wieder das Mittel nimmt.

Die aus den 12 Monatsmitteln gezogene Mittelzahl giebt dann die lere Temperatur des ganzen Jahres an.

So ergeben sich z. B. aus den zu Berlin angestellten Beobachtungen ıde Mittelwerthe für die Temperatur der einzelnen Monate und des en Jahres von 1829 bis 1834:

| | 1829 | 1830 | 1831 | 1832 | 1833 | 1834 | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Januar . . | — 4,66 | — 6,11 | — 3,71 | — 1,13 | — 2,69 | 2,83 | — 1, |
| Februar . | — 2,88 | — 2,40 | 0,60 | 0,97 | 3,01 | 1,16 | — 0, |
| März . . . | 1,38 | 3,88 | 3,14 | 3,16 | 1,77 | 3,74 | 2, |
| April . . . | 7,19 | 8,41 | 9,00 | 7,20 | 5,06 | 6,20 | 6, |
| Mai . . . | 9,49 | 11,22 | 9,98 | 9,49 | 14,38 | 12,74 | 10 |
| Juni . . . | 14,56 | 14,01 | 12,60 | 13,61 | 15,27 | 15,17 | 13 |
| Juli . . . | 15,43 | 15,39 | 15,40 | 12,64 | 14,59 | 18,69 | 15 |
| August . . | 13,85 | 14,17 | 14,63 | 14,65 | 11,31 | 16,77 | 14 |
| September | 11,59 | 11,18 | 10,53 | 10,63 | 11,27 | 12,49 | 11 |
| October . | 6,35 | 7,28 | 9,74 | 7,62 | 7,04 | 7,69 | 7 |
| November | 0,71 | 4,72 | 2,71 | 2,62 | 3,39 | 3,81 | 3 |
| December . | — 6,93 | — 0,47 | 1,43 | 1,08 | 3,80 | 1,68 | 1 |
| Jahr | 5,50 | 6,77 | 7,16 | 6,86 | 7,35 | 8,58 | 7 |

Hat man für einen Ort die mittlere Temperatur der einzelnen M
nate und des ganzen Jahres während eines längeren Zeitraums ermitt
so ergiebt sich das **allgemeine Monatsmittel**, wenn man die Mitt
temperaturen desselben Monats, wie man sie in den einzelnen Jahren
halten hat, addirt und die erhaltene Summe durch die Zahl der Be
achtungsjahre dividirt. Auf diese Weise haben sich aus einer Reihe v
24 Beobachtungsjahren die allgemeinen Monatsmittel für Berlin ergeb
wie man sie in der letzten Columne obiger Tabelle unter *D* findet.

Auf gleiche Weise ergiebt sich das **allgemeine Jahresmitt**
welches für Berlin 7,18° R. ist.

Je länger die Beobachtungsreihen fortgesetzt sind, desto richti
werden die aus ihnen berechneten allgemeinen Monats- und Jahresmi
Es ist für die Meteorologie von der höchsten Wichtigkeit, das
gemeine Jahresmittel und die allgemeinen Monatsmittel von mögli
vielen Orten der verschiedensten Weltgegenden zu kennen; dahin wi
man aber nicht leicht gelangen, wenn es nöthig wäre, wirklich von Stu
zu Stunde das Thermometer zu beobachten.

Solche stündliche Beobachtungen sind viel zu mühsam, sie bedü
des Zusammenwirkens mehrerer Personen, und deshalb werden sie
an verhältnissmässig wenigen Orten angestellt werden können. Gl
licherweise kann man die mittlere Tages-, Monats- und Jahrestemper
eines Ortes auch aus einer geringeren Anzahl von Beobachtungen
leiten, welche zu bequemen Tagesstunden angestellt werden.

Von der Mannheimer Societät wurden zu diesem Zwecke die Beobhtungsstunden 7 Uhr Morgens, 2 Uhr Nachmittags und 9 Uhr Abends rgeschlagen, und diese Stunden werden auch in der That an den isten Beobachtungsstationen von Deutschland und Nordamerika eingelten. Andere ganz passende Beobachtungsstunden sind 6 Uhr Mornas, 2 Uhr Nachmittags und 8 Uhr Abends; oder die gleichnamigen nden 6 Uhr Morgens und 6 Uhr Abends, 7 Uhr Morgens und 7 Uhr ends u. s. w.

Nimmt man das Mittel aus den Temperaturbeobachtungen, welche r Zeit irgend einer der angedeuteten Stundencombinationen gemacht rden, so erhält man eine Zahl, welche dem wahren Tagesmittel sehr he ist; ebenso erhält man nahezu das wahre Tagesmittel, wenn man s Mittel aus den täglichen Extremen nimmt, wie sie am Thermometrographen beobachtet werden.

Wie weit nun die auf diesem Wege erhaltenen Mittelzahlen mit den hren Mitteln übereinstimmen, welche Correctionen etwa an ihnen anbringen sind, kann man jedoch nur durch Vergleichung mit den stündh angestellten Beobachtungen erfahren. Eine ausführliche Untersuung über diesen Gegenstand hat Dove in den Abhandlungen der rliner Akademie vom Jahre 1846 veröffentlicht (Seite 81). In diesem fsatze finden sich Tabellen, die angeben, welche Correction man an n zu einer beliebigen Stunde des Tages oder aus irgend einer Stundenmbination gezogenen Mittelzahlen anbringen muss, um die wahren ittel zu finden. Diese Tafeln enthalten für 27 verschiedene Orte, die n als Normalstationen bezeichnen kann, unmittelbar die in Réauur'schen Graden anzubringende Verbesserung, um die zu irgend einer nde erhaltene Temperatur auf das tägliche Mittel zu reduciren. Ferr ist die Correction für die aus den gleichnamigen Stunden 6 . 6, . 7 u. s. w., aus den Combinationen 7 . 2 . 9, — 6 . 2 . 8 u. s. w. und aus den täglichen Extremen erhaltenen Resultate beigefügt. Die genden Tabellen für Halle und Kremsmünster sind ein Auszug aus sen Dove'schen; aus ihnen kann man die Einrichtung und den Geuch solcher Tabellen ersehen.

| Monate. | Halle. | | | | | | | | Kremsmünster. | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Morgens | | | Nachmittags | | | | | Morgens | | | Nachmittags | | | | |
| | 6 | 9 | 12 | 3 | 6 | 7 . 7 | 7 . 2 . 9 | Tägliche Extreme | 6 | 9 | 12 | 3 | 6 | 7 . 7 | 7 . 2 . 9 | Tägliche Extreme |
| Januar . . | 0,72 | 0,05 | — 0,82 | — 1,06 | — 0,30 | 0,30 | — 0,11 | — 0,23 | 0,88 | 0,35 | — 0,93 | — 1,12 | — 0,35 | 0,33 | — 0,12 | — 0,07 |
| Februar . | 1,30 | — 0,08 | — 1,29 | — 1,86 | — 0,59 | 0,51 | — 0,20 | — 0,33 | 1,24 | 0,67 | — 1,37 | — 1,99 | — 0,57 | 0,45 | — 0,22 | — 0,17 |
| März . . . | 1,42 | — 0,06 | — 1,73 | — 2,10 | — 0,91 | 0,45 | — 0,18 | — 0,20 | 1,81 | 0,30 | — 1,56 | — 1,99 | — 1,08 | 0,43 | — 0,13 | — 0,07 |
| April . . . | 1,98 | — 0,98 | — 2,58 | — 3,26 | — 1,78 | 0,51 | — 0,34 | — 0,16 | 1,88 | 0,14 | — 1,65 | — 2,04 | — 1,18 | 0,37 | — 0,12 | — 0,02 |
| Mai . . . | 1,30 | — 1,34 | — 2,66 | — 3,37 | — 2,24 | — 0,14 | — 0,71 | 0,37 | 1,86 | — 0,45 | — 2,09 | — 2,67 | — 1,62 | 0,07 | — 0,41 | — 0,24 |
| Juni . . . | 1,18 | — 1,34 | — 2,68 | — 3,46 | — 2,22 | — 0,16 | — 0,70 | 0,24 | 1,54 | — 0,86 | — 2,17 | — 2,62 | — 1,66 | — 0,18 | — 0,52 | — 0,31 |
| Juli . . . | 1,24 | — 1,30 | — 2,65 | — 3,54 | — 2,16 | — 0,08 | — 0,65 | 0,14 | 1,54 | — 0,42 | — 1,75 | — 2,33 | — 1,38 | 0,09 | — 0,31 | — 0,15 |
| August . . | 1,90 | — 1,20 | — 2,90 | — 3,57 | — 1,96 | 0,26 | — 0,49 | 0,00 | 1,80 | — 0,37 | — 1,86 | — 2,46 | — 1,49 | 0,13 | — 0,32 | — 0,17 |
| September | 1,97 | — 1,14 | — 2,72 | — 3,27 | — 1,83 | 0,43 | — 0,35 | — 0,09 | 2,34 | 0,28 | — 1,81 | — 2,65 | — 1,66 | 0,38 | — 0,23 | — 0,14 |
| October . | 1,90 | — 0,71 | — 2,44 | — 2,76 | — 1,20 | 0,61 | — 0,29 | — 0,30 | 1,91 | 0,62 | — 1,68 | — 2,49 | — 1,14 | 0,48 | — 0,28 | — 0,19 |
| November | 0,92 | — 0,31 | — 1,35 | — 1,52 | — 0,40 | 0,39 | — 0,20 | — 0,35 | 0,93 | 0,51 | — 0,97 | — 1,28 | — 0,41 | 0,35 | — 0,17 | — 0,13 |
| December . | 0,52 | — 0,09 | — 0,90 | — 0,94 | — 0,20 | 0,28 | — 0,10 | — 0,25 | 0,54 | 0,38 | — 0,78 | — 0,91 | — 0,11 | 0,29 | — 0,16 | — 0,07 |

selben Correctionselemente, die für irgend einen Ort ermittelt werden nun aber auch für einen grossen Umkreis ohne merkıler gelten können. Hätte man also z. B. in Leipzig das Therden ganzen Januar hindurch nur Mittags 12 Uhr beobachtet, den 31 Beobachtungen das Mittel genommen, so hätte man von Littel noch die Zahl 0,82 abzuziehen, um das wahre Monatsmittel ı. Hätte man in den Stunden 7.2.9 beobachtet und das Mittel mal 31 Beobachtungen des Juli genommen, so würde dieses so Mittel noch um 0,65° höher sein als das wahre Monatsmittel.

**ıresisothermen.** Wir haben nun den Weg kennen gelernt, 167 ıem man die allgemeinen Monatsmittel und das allgemeine Jahresnes Ortes ermitteln kann. Entsprechende Beobachtungen sind h und nach an Orten aller Welttheile gemacht und die daraus benden Mittelwerthe in Tabellen zusammengestellt worden. Die igste Tabelle der Art ist die, welche Dove in den Abhandlungen ner Akademie vom Jahre 1846 veröffentlicht hat (S. 153). Sie 900 Stationen die allgemeinen Monatsmittel und das allgemeine ttel. Wir wollen uns zunächst mit der Betrachtung der Jahresgeben.

nachfolgende Tabelle, welche der angeführten Dove'schen entist, enthält das allgemeine Jahresmittel für 164 verschiedene Réaumur'schen Graden.

Westindien.

| | Breite. | Länge von Greenwich. | Höhe über dem Meere. | Mittlere Jahres-temperatur. |
|---|---|---|---|---|
| . . . . . . . . | 17° 8′ | 61° 48′ W. | — | 21,15 |
| . . . . . . . . | 32 20 | 64 50 | — | 15,73 |
| . . . . . . . . | 18 29 | 70 | — | 21,91 |
| . . . . . . . . | 23 9 | 82 | — | 20,07 |
| ) . . . . . . . . | 10 43 | 71 52 | — | 23,45 |
| )o . . . . . . | 5 45 | 55 | — | 21,47 |

Mexico und Südamerika.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Bogata . . . | 4° 36′ | 74° 14′ W. | 8100′ | 12,33 |
| . . . . . . . . | 19 26 | 99 6 | 6990 | 12,70 |
| . . . . . . . . | 12 3 S. | 77 8 | 530 | 18,36 |
| . . . . . . . . | 0 14 S. | 78 45 | 8970 | 12,49 |
| ro . . . . . . | 22 54 S. | 43 16 | — | 18,56 |
| Inseln . . . . | 52 0 S. | 61 | — | 6,77 |

## Vereinigte Staaten von Nordamerika und Canada.

| | Breite. | Länge von Greenwich. | Höhe über dem Meere. | Mittl Jahr temper |
|---|---|---|---|---|
| Albany | 42° 39′ | 73° 44′ W. | 123 | 7, |
| St. Augustin | 29 50 | 81 27 | — | 17, |
| Augusta | 33 28 | 81 54 | — | 13, |
| Baltimore | 39 18 | 76 35 | — | 9, |
| Charlestown | 32 47 | 79 57 | — | 15, |
| Cincinnati | 39 6 | 84 27 | — | 9, |
| Concord | 43 12 | 71 29 | — | 5, |
| Councilbluffs | 41 25 | 95 43 | 760 | 8, |
| Halifax | 44 39 | 63 38 | — | 3, |
| St. Louis | 38 36 | 89 36 | — | 10, |
| Marietta | 39 25 | 81 30 | — | 9 |
| Natchez | 31 34 | 91 25 | — | 15 |
| New-Orleans | 29 58 | 90 7 | — | 16 |
| New-York | 40 43 | 74 1 | — | 8 |
| Pittsburg | 40 32 | 80 8 | — | 9 |
| Fort Ross | 38 34 | 123 59 | — | 9 |
| Quebec | 46 48 | 71 17 | — | 4 |
| Salem | 42 31 | 70 54 | — | 7 |
| Fort Snelling | 44 53 | 93 8 | 820 | [illegible] |
| Fort Vancouver | 48 37 | 122 37 | — | [illegible] |
| **Polarländer.** | | | | |
| Boothia Felix | 69° 59′ | 92° 1′ W. | — | — 1 |
| Fort Franklin | 65 12 | 123 13 | 230 | — |
| Insel Melville | 74 47 | 110 48 | — | — 1 |
| Nain | 57 10 | 61 50 | — | — |
| Reykiavig | 64 8 | 21 55 | — | |
| Sitcha | 57 3 | 135 18 | — | |
| Fort Simpson | 62 11 | 121 32 | — | — |
| **Grossbritannien.** | | | | |
| Bristol | 51° 27′ | 2° 36′ W. | — | [illegible] |
| Carlisle | 54 54 | 2 58 | 36 | 6 |
| Dublin | 53 21 | 6 11 | — | 7. |
| Edinburgh | 55 58 | 3 11 | 220 | 6 |
| Liverpool | 53 25 | 2 59 | — | 8, |
| London | 51 30 | 0 5 | — | 8, |
| Plymouth | 50 22 | 4 7 | — | 8, |
| Thorshavn | 62 2 | 6 46 | — | 6, |
| Wick | 58 29 | 3 5 | — | 6, |

Frankreich.

| | Breite. | Länge von Greenwich. | Höhe über dem Meere. | Mittlere Jahrestemperatur. |
|---|---|---|---|---|
| . . . . . . . . . | 44° 50′ | 0° 35′ O. | — | 11,13 |
| ı . . . . . . . . | 51 5 | 2 22 | — | 8,69 |
| . . . . . . . . . | 43 18 | 5 22 | 140′ | 11,34 |
| . . . . . . . . . | 43 36 | 3 53 | 100 | 12,23 |
| . . . . . . . . . | 47 13 | 1 33 | — | 10,18 |
| . . . . . . . . . | 48 50 | 2 20 | 114 | 8,58 |
| . . . . . . . . . | 42 42 | 2 54 | 160 | 12,33 |
| . . . . . . . . . | 46 9 | 1 10 | — | 9,34 |
| . . . . . . . . . | 43 7 | 5 55 | 76 | 13,46 |

Niederlande.

| | Breite. | Länge von Greenwich. | Höhe über dem Meere. | Mittlere Jahrestemperatur. |
|---|---|---|---|---|
| . . . . . . . | 52° 23′ | 4° 53′ O. | — | 7,94 |
| . . . . . . . . | 50 51 | 4 22 | — | 8,30 |
| . . . . . . . . | 50 39 | 5 32 | — | 9,19 |
| . . . . . . . . | 51 56 | 4 29 | — | 8,45 |

Schweiz.

| | Breite. | Länge von Greenwich. | Höhe über dem Meere. | Mittlere Jahrestemperatur. |
|---|---|---|---|---|
| . . . . . . . . | 47° 34′ | 7° 32′ O. | 750 | 7,69 |
| . . . . . . . . | 46 57 | 7 26 | 1790 | 6,21 |
| 'd . . . . . . | 45 50 | 6 6 | 7670 | — 0,81 |
| . . . . . . . . | 46 50 | 9 38 | 1880 | 7,60 |
| . . . . . . . . | 47 26 | 10 22 | 1700 | 7,33 |
| . . . . . . . . | 46 12 | 6 10 | 1250 | 8,20 |
| d . . . . . . | 46 32 | 8 33 | 6650 | — 0,84 |
| . . . . . . . . | 46 31 | 6 38 | 1530 | 7,54 |
| . . . . . . . . | 47 23 | 8 32 | 1250 | 7,14 |

Italien.

| | Breite. | Länge von Greenwich. | Höhe über dem Meere. | Mittlere Jahrestemperatur. |
|---|---|---|---|---|
| . . . . . . . . | 37° 46′ | 15° 1′ O. | 9210 | — 1,08 |
| . . . . . . . . | 44 30 | 11 21 | 270 | 11,44 |
| . . . . . . . . | 43 47 | 11 15 | 220 | 12,11 |
| . . . . . . . . | 44 24 | 8 54 | — | 13,68 |
| . . . . . . . . | 45 28 | 9 11 | 720 | 10,30 |
| . . . . . . . . | 38 11 | 15 34 | 30 | 14,98 |
| . . . . . . . . | 40 52 | 14 15 | — | 12,25 |
| . . . . . . . . | 38 7 | 13 22 | — | 15,60 |
| . . . . . . . . | 41 54 | 12 25 | 160 | 12,66 |
| . . . . . . . . | 45 4 | 7 41 | 867 | 9,39 |
| . . . . . . . . | 45 26 | 12 21 | — | 10,41 |

## Deutschland.

| | Breite. | | Länge von Greenwich. | | | Höhe über dem Meere. | Mittl. Jahrestemperatur |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Augsburg | 48° | 21′ | 10° | 53′ | O. | 1470′ | 6,6 |
| Berlin | 52 | 30 | 13 | 24 | | 100 | 7,1 |
| Braunschweig | 52 | 15 | 10 | 32 | | 300 | 7,9 |
| Breslau | 51 | 7 | 17 | 2 | | 370 | 6,6 |
| Brocken | 51 | 48 | 10 | 37 | | 3500 | 0,7 |
| Carlsruhe | 49 | 1 | 8 | 25 | | 320 | 8,3 |
| Coblenz | 50 | 22 | 7 | 36 | | 200 | 8,6 |
| Danzig | 54 | 20 | 18 | 41 | | — | 6,0 |
| Dresden | 51 | 3 | 13 | 44 | | 360 | 7,6 |
| Düsseldorf | 51 | 14 | 6 | 47 | | 90 | 8,7 |
| Frankfurt a. M. | 50 | 10 | 8 | 37 | | 333 | 7,8 |
| Halle | 51 | 30 | 11 | 57 | | 340 | 6,9 |
| Hamburg | 53 | 33 | 9 | 58 | | — | 7,1 |
| Heidelberg | 49 | 28 | 8 | 42 | | 313 | 8,6 |
| Insbruck | 47 | 16 | 11 | 23 | | 1770 | 7,4 |
| Königsberg | 54 | 43 | 20 | 29 | | 70 | 4,9 |
| München | 48 | 9 | 11 | 36 | | 1573 | 7,2 |
| Prag | 50 | 5 | 16 | 46 | | 583 | 8,1 |
| Strassburg | 48 | 35 | 7 | 45 | | 418 | 7,2 |
| Tübingen | 48 | 31 | 9 | 3 | | 990 | 6, |
| Wien | 48 | 13 | 16 | 23 | | 450 | 8, |
| Würzburg | 49 | 48 | 9 | 56 | | 525 | 8, |

## Skandinavien.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bergen | 60° | 24 | 5° | 18 | O. | — | 6, |
| Christiania | 59 | 55 | 10 | 43 | | 75 | 4, |
| Drontheim | 63 | 26 | 10 | 25 | | — | 3, |
| Kafiord | 69 | 58 | 23 | 34 | | 70 | 1, |
| Kopenhagen | 55 | 41 | 12 | 35 | | — | 6, |
| Lund | 55 | 42 | 13 | 11 | | 60 | 5, |
| Stockholm | 59 | 21 | 18 | 4 | | 130 | 4, |
| Tornea | [illegible] | 24 | 23 | 47 | | — | − 0, |



## Russland.

| | Breite. | Länge von Greenwich. | Höhe über dem Meere. | Mittlere Jahres-temperatur. |
|---|---|---|---|---|
| . . . . . . . . | 64° 32′ | 40° 33′ O. | — | 0,68 |
| . . . . . . . . | 46 21 | 48 8 | 70′ | 8,02 |
| . . . . . . . . | 53 20 | 83 27 | 370 | — 0,28 |
| . . . . . . . . | 68 30 | 20 47 | 1380 | — 4,18 |
| . . . . . . . . | 52 17 | 104 17 | 1355 | 0,27 |
| . . . . . . . . | 62 1 | 129 44 | — | — 8,25 |
| . . . . . . . . | 55 48 | 49 7 | 140 | 1,53 |
| . . . . . . . . | 55 45 | 37 38 | 380 | 3,57 |
| . . . . . . . . | 51 18 | 119 20 | 2100 | — 3,17 |
| . . . . . . . . | 59 56 | 30 18 | — | 3,38 |
| . . . . . . . . | 44 36 | 33 32 | — | 9,32 |
| . . . . . . . . | 41 41 | 45 17 | — | 10,11 |
| . . . . . . . . | 70 58 | 138 24 | — | — 12,44 |

## , Galizien und Küsten des mittelländischen Meeres.

| | Breite. | Länge von Greenwich. | Höhe über dem Meere. | Mittlere Jahres-temperatur. |
|---|---|---|---|---|
| . . . . . . . . | 44° 27′ | 26° 8′ O. | — | 6,38 |
| . . . . . . . . | 47 29 | 19 3 | 810 | 6,88 |
| pel . . . . . | 41 0 | 29 0 | — | 10,87 |
| . . . . . . . . | 35 29 | 24 0 | — | 14,42 |
| . . . . . . . . | 33 21 | 44 22 | — | 18,52 |
| . . . . . . . . | 36 47 | 0 33 | — | 14,34 |
| . . . . . . . . | 36 48 | 10 11 | — | 16,34 |
| . . . . . . . . | 41 23 | 2 12 | — | 13,79 |
| . . . . . . . . | 36 7 | 5 21 W. | — | 15,75 |
| . . . . . . . . | 38 42 | 9 9 W. | — | 13,07 |
| . . . . . . | 40 25 | 3 41 O. | 1940 | 11,63 |
| . . . . . . | 30 2 | 29 48 | — | 17,84 |

## Tropisches Afrika.

| | Breite. | Länge von Greenwich. | Höhe über dem Meere. | Mittlere Jahres-temperatur. |
|---|---|---|---|---|
| . . . . . . | 32° 38′ | 16° 56′ W. | 80 | 15,83 |
| . . . . . . | 5 30 | 0 0 | — | 21,95 |
| . . . . . . | 15 55 S. | 5 43 W. | 1660 | 13,07 |
| . . . . . . | 33 56 S. | 18 28 O. | — | 15,32 |
| . . . . . . | 13 10 | 14 30 | — | 22,95 |
| uritius . . . | — | — | — | 21,08 |
| . . . . . . | 28 15 | 50 54 | — | 20,03 |

### Ostindien und China.

| | Breite. | Länge von Greenwich. | Höhe über dem Meere. | Mittl Jahr tempe |
|---|---|---|---|---|
| Ava . . . . . . . . . . . | 21° 58′ | 96° 5′ O. | — | 20, |
| Batavia . . . . . . . . . | 6 9 S. | 106 53 | — | 20, |
| Benares . . . . . . . . . | 25 18 | 82 56 | 300′ | 21, |
| Bombay . . . . . . . . . | 18 56 | 72 54 | — | 21, |
| Calcutta . . . . . . . . . | 22 38 | 88 20 | 80 | 22, |
| Canton . . . . . . . . . . | 23 8 | 113 16 | — | 16, |
| Colombo . . . . . . . . . | 6 57 | 80 0 | — | 21, |
| Darjiling . . . . . . . . . | 27 7 | 88 21 | 6960 | 10, |
| Macao . . . . . . . . . . | 22 11 | 113 34 | — | 17, |
| Madras . . . . . . . . . | 13 4 | 80 19 | — | 22, |
| Manilla . . . . . . . . . | 14 36 | 129 0 | — | 20, |
| Mastorea . . . . . . . . . | 30 27 | 78 2 | 6100 | 10, |
| Peking . . . . . . . . . . | 39 54 | 116 26 | — | 10 |
| Seringapatam . . . . . . | 12 45 | 76 51 | 2270 | 19 |
| Singapore . . . . . . . | 1 17 | 103 50 | — | 21 |
| Trevandrum . . . . . . | 8 31 | 77 0 | — | 21 |

### Australien.

| | Breite. | Länge von Greenwich. | Höhe über dem Meere. | Mittl Jahr tempe |
|---|---|---|---|---|
| Adelaide . . . . . . . . . | 34° 58′ S. | 138° 45′ | — | 16 |
| Albany . . . . . . . . . . | 35 2 S. | 117 55 | — | 12 |
| Fort Dundas . . . . . . | 11 25 S. | 132 25 | — | 21 |
| Hobarttown . . . . . . | 42 53 S. | 147 28 | — | 9 |
| Paramatta . . . . . . . | 33 49 S. | 151 1 | — | 14 |

Aus dieser Tabelle ersieht man zunächst, dass Orte von gl
geographischer Breite keineswegs auch gleiche mittlere Jahreswär
ben. Vergleichen wir in dieser Beziehung nur Nordamerika mit E
so tritt ein auffallender Unterschied hervor. New-York liegt e
was südlicher als Rom, und doch ist seine mittlere Jahreswär
4° R. geringer; die Stadt Bergen in Norwegen hat noch eine m
Jahreswärme von 6,57°, während zu Nain auf der Küste Labrado
10′ n. Br.), einem um drei Breitegrade südlicher gelegenen Ort
mittlere Jahreswärme nur — 1,86° beträgt. Bei gleicher geograph
Breite ist es in Nordamerika also stets kälter als in Europa. Ein
liches Verhältniss stellt sich bei der Vergleichung von Europa mit
nördlichen Asien heraus.

Eine klare Uebersicht über die Vertheilung der Wärme au

hat zuerst Humboldt durch seine isothermischen Linien mög-
;emacht, durch welche er auf einer Erdkarte alle Orte derselben
sphäre verband, welche gleiche mittlere Jahreswärme haben. Seine
idlung über die Isothermen und die Vertheilung der Wärme auf
rde erschien im Jahre 1817 im dritten Bande der „*Mémoires de la*
: *d'Arcueil*".

Iumboldt's Abhandlung enthält eine Tabelle, welche die mittlere
swärme für 60 verschiedene Orte angiebt, und nach diesen legte
ne Isothermen. Seit jener Zeit aber sind durch zahlreiche Beob-
ıgen die klimatischen Verhältnisse vieler Orte genauer ermittelt
n, ohne dass dadurch der Typus der grossen Krümmungen der Iso-
en, wie sie von Humboldt bestimmt worden waren, eine wesent-
Aenderung erfahren hätte.

)ie bereits erwähnte Tabelle, welche die mittlere Jahreswärme für
erschiedene Orte enthält, zu Grunde legend, hat Dove eine Iso-
enkarte construirt, welche auf Tab. XVI wiedergegeben ist.

n dieser Karte sind die Isothermen von vier zu vier Grad Réaumur
en und jeder Linie ist die entsprechende Gradzahl beigeschrieben.

)er Gürtel der Erde, dessen mittlere Jahrestemperatur mehr als
beträgt, ist roth angelegt, während die Gegenden, deren mittlere
temperatur unter 0° ist, durch blaue Färbung unterschieden sind.

)ie neuesten Isothermenkarten, zu deren Construction das zahl-
Beobachtungsmaterial der letzten Jahre benutzt wurde, hat Dove
hre 1864 veröffentlicht. Diese Karten zeigen die isothermischen
. in Polarprojection. In Tab. XVII sind diese neuen Dove'-
Jahresisothermen vom Nordpol bis zum 40sten Grade nördlicher
eingetragen. Ein Vergleich dieser Tafel mit Tab. XVI zeigt, dass
ı Folge neuerer Beobachtungen der Lauf der Jahresisothermen
h anders herausgestellt hat als er auf Tab. XVI dargestellt ist.

ıus den Karten Tab. XVII ersieht man ferner, dass die niedrigste
re Jahrestemperatur nicht auf den Nordpol fällt, dass aber auch
ee Brewster's, nach welcher es zwei Kältepole geben soll, von
der eine auf den amerikanischen, der andere auf den asiatischen
ıent fallen soll, nicht richtig ist.

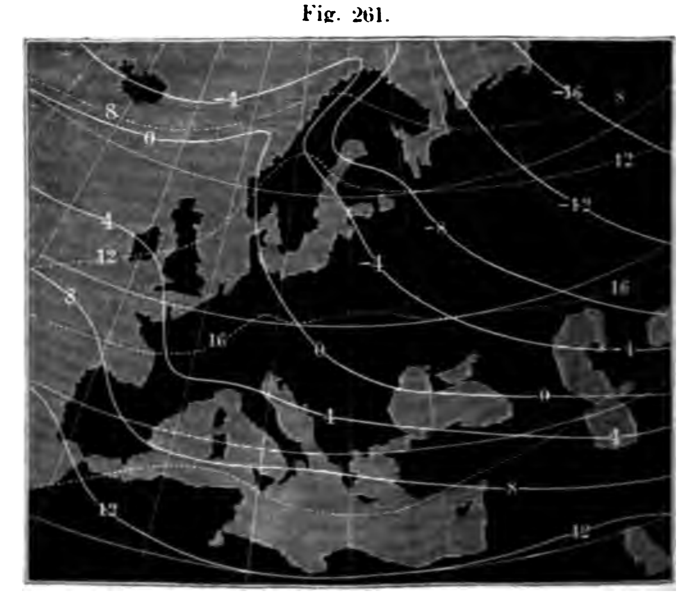
**Ionatsisothermen.** Wenn man die mittlere Jahrestemperatur 167
Ortes kennt, so genügt dies noch keineswegs, um ein richtiges
on den klimatischen Verhältnissen desselben zu geben; denn bei
er mittlerer Jahrestemperatur kann der Gang der Wärme im Laufe
Jahres, die Vertheilung der Wärme auf die einzelnen Jahreszeiten
ehr verschiedene sein. So haben z. B., wie man aus obiger Tabelle
Edinburgh und Tübingen fast gleiche mittlere Jahreswärme (6,72°
,57° R.), in Edinburgh aber ist die mittlere Temperatur des Win-
- 2,9°, in Tübingen hingegen nur 0,16°. Tübingen hat also einen
älteren Winter als Edinburgh, dagegen ist die mittlere Sommer-

**temperatur für Tübingen 13,7°, für Edinburgh nur 11,3°. Bei gleid mittlerer Jahrestemperatur hat also Edinburgh einen gelinderen Wi und einen kühleren Sommer als Tübingen.**

Um die Wärmeverhältnisse eines Landes zu kennen, muss man s ser der mittleren Jahrestemperatur auch noch wissen, wie sich die Wä auf die verschiedenen Jahreszeiten vertheilt. Diese Vertheilung k man auf einer Isothermenkarte nach Humboldt's Beispiel dadurch deuten, dass man an den verschiedenen Stellen einer und derselben therme die mittlere Sommertemperatur des entsprechenden Ortes ü die entsprechende Wintertemperatur aber unter die Curve setzt.

Eine sehr gute Uebersicht in Beziehung auf die Vertheilung Wärme zwischen Winter und Sommer gewährt eine Karte, in wel man alle Orte durch Curven verbindet, welche gleiche mittlere Wi temperatur haben, und dann wieder diejenigen, für welche die mitt Sommertemperatur gleich ist. Die Linien gleicher mittlerer Som temperatur heissen Isotheren, die Linien gleicher mittlerer Wi temperatur heissen Isochimenen. Fig. 261 stellt ein Kärtchen Europa mit den Isotheren und Isochimenen von 4 zu 4 Grad dar.

Fig. 261.




Die ausgezogenen Curven sind die Isochimenen, die punktir sind die Isotheren. Man sieht aus dieser Karte leicht, dass die W küste des südlichen Theils von Norwegen, Dänemark, ein Theil von B men und Ungarn, Siebenbürgen, Bessarabien und die Südspitze der Ha insel Krim gleiche mittlere Wintertemperatur von 0° haben. Böhm hat aber gleichen Sommer mit dem Ausfluss der Garonne, und in d

m ist der Sommer noch weit wärmer. Dublin hat eine gleiche mitt- Wintertemperatur, nämlich 4°, mit Nantes, Oberitalien und Con- tinopel, und gleiche Sommerwärme von 12° mit Drontheim und land.

Die Isothere von 16° geht vom Ausfluss der Garonne ungefähr über sburg und Würzburg nach Böhmen, der Ukraine, dem Lande der ischen Kosaken, und geht etwas nördlich vom Kaspischen Meere vor- wie ungleich aber ist die mittlere Wintertemperatur an verschiede- Orten dieser Isothere! An der Westküste von Frankreich ist sie 4°, Böhmen 0°, in der Ukraine — 4° und etwas nördlich vom Kaspischen re gar — 8°.

Eine noch weit vollständigere Uebersicht über den Gang der Tem- tur an irgend einem Orte erhält man, wenn aus möglichst vieljähri- Beobachtungen die allgemeine Mitteltemperatur für jeden einzel- Monat bestimmt wird. Dove hat nun mit Benutzung alles ihm nglichen Beobachtungsmaterials eine Tabelle zusammengestellt, welche allgemeinen Monatsmittel für 900 Orte erhält und hat nach dieser lle Isothermenkarten für jeden einzelnen Monat des Jahres con- irt. Die Tabelle auf Seite 456 bis 459 ist ein Auszug aus der Dove'- n, und in den Karten Tab. XVIII und Tab. XIX sind die Monats- ermen für die Monate Januar und Juli eingetragen.

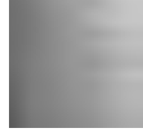
Von den im Jahre 1864 von Dove mit Berücksichtigung der neue- Beobachtungen in Polarprojection construirten Monatsisothermen auf Tab. XVIII und XIX die Isothermen des Januar und des wiedergegeben.

Aus denselben Gründen, aus welchen die Mittagsstunde nicht die este Stunde des Tages ist, sondern die höchste Temperatur im Laufe Tages erst einige Stunden nach der Culmination der Sonne statt- t, erreicht auch die Sommerwärme im Durchschnitt erst nach dem mersolstitium ihr Maximum, und so ist denn, wo nicht locale Ur- n eine Störung veranlassen, in der ganzen nördlichen gemässigten der Juli der heisseste Monat, wovon man sich in der folgenden lle überzeugen kann; ebenso folgt die grösste Winterkälte erst nach Wintersolstitium, und im Durchschnitt ist auch auf der nördlichen kugel der Januar der kälteste Monat.

Wenn nun aber, wie es doch natürlich erscheint, der heisseste Mo- die Mitte des Sommers, der kälteste die Mitte des Winters bilden so ist klar, dass die meteorologische Eintheilung der Jahreszeiten der astronomischen, bei welcher die Jahreszeiten durch die Solstitien Aequinoctien abgetheilt werden, abweichen muss. In der That sind meteorologischem Sinne die Jahreszeiten der nördlichen gemässigten in folgender Weise zusammengesetzt. Den Winter bilden: De- ber, Januar, Februar; den Frühling: März, April, Mai; den Som- r: Juni, Juli und August; den Herbst endlich September, October November.

## Tafel der mittleren Monatstemp

| | Januar. | Februar. | März. | April. |
|---|---|---|---|---|
| Antigua | 20.20 | 19.80 | 19.84 | 20.39 |
| Bermudas | 11.04 | 11.92 | 12.16 | 13.68 |
| Havannah | 17.50 | 18.68 | 18.70 | 19.33 |
| Paramaribo | 20.5 | 20.4 | 20.9 | 21.0 |
| Domingo | 23.6 | 23.1 | 23.6 | 24.0 |
| Mexico | 9.11 | 10.83 | 12.95 | 13.77 |
| Quito | 11.66 | 12.88 | 12.46 | 12.38 |
| Falklands-Inseln | 10.66 | 9.77 | 8.72 | 7.40 |
| Rio Janeiro | 21.4 | 21.3 | 20.4 | 19.3 |
| Albany | — 3.58 | — 3.08 | 1.28 | 7.04 |
| St. Augustin | 12.77 | 14.65 | 15.80 | 16.92 |
| Council Bluffs | — 4.17 | — 2.40 | 2.41 | 8.83 |
| Halifax | — 5.3 | — 6.2 | — 3.1 | 0.9 |
| Concord | — 4.80 | — 4.51 | — 0.57 | 4.6 |
| Marietta | 0.01 | 0.90 | 4.86 | 9.4 |
| New-Orleans | 11.00 | 11.73 | 15.37 | 17.9 |
| New-York | — 3.4 | — 0.2 | 3.9 | 9.3 |
| Fort Ross | 7.05 | 6.96 | 7.46 | 8.4 |
| Quebec | — 7.15 | — 8.60 | — 4.15 | 3.4 |
| Fort Vancouver | 2.66 | 4.88 | 5.33 | 6.3 |
| Boothia Felix | — 27.0 | — 28.4 | — 27.0 | — 15.4 |
| Fort Franklin | — 24.1 | — 21.7 | — 16.6 | — 8.7 |
| Melville-Insel | — 28.12 | — 28.64 | — 22.31 | — 17.[illegible] |
| Nain | — 15.80 | — 12.66 | — 10.48 | — 0.[illegible] |
| Reykiavik | — 0.97 | — 1.64 | — 0.95 | 1.[illegible] |
| Sitcha | 1.02 | — 0.71 | 2.67 | 3.[illegible] |
| Dublin | 2.88 | 3.98 | 4.64 | 6.[illegible] |
| Edinburgh | 2.88 | 2.76 | 3.79 | 5.[illegible] |
| London | 2.22 | 3.75 | 4.44 | 7.[illegible] |
| Bordeaux | 4.[illegible] | 5.8 | 8.6 | 10.[illegible] |
| Montpellier | 4.5 | 5.7 | 7.5 | 11.[illegible] |
| Paris | [illegible] | 3.85 | 5.33 | 7.[illegible] |
| Amsterdam | [illegible] | 2.14 | 3.86 | 7.[illegible] |
| Brüssel | [illegible] | 3.27 | 4.79 | 6.[illegible] |
| Basel | [illegible] | [illegible] | 4.16 | 7.[illegible] |
| St. Bernhard | — [illegible] | — [illegible] | — 4.51 | — 2.[illegible] |
| [illegible] | [illegible] | 2.32 | 4.61 | 6.5 |
| Mailand | [illegible] | 2.90 | 6.17 | 10.0 |
| Neapel | [illegible] | [illegible] | 8.01 | 10.5 |
| Palermo | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 11.7 |
| Rom | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 11.6 |



## mer Orte in Réaumur'schen Graden.

| August. | Septbr. | October. | Novemb. | Decemb. | Differenz. |
|---|---|---|---|---|---|
| 22,17 | 22,00 | 21,71 | 22,15 | 20,93 | 2,37 |
| 19,84 | 19,92 | 18,24 | 15,04 | 12,72 | 8,40 |
| 22,03 | 21,50 | 20,82 | 19,17 | 18,46 | 4,53 |
| 22,2 | 22,9 | 22,8 | 22,0 | 21,2 | 2,4 |
| 20,0 | 20,7 | 20,7 | 20,3 | 20,7 | 4,0 |
| 14,64 | 14,36 | 12,54 | 10,60 | 8,91 | 6,27 |
| 13,06 | 12,04 | 12,42 | 12,28 | 12,68 | 1,40 |
| 16,9 | 17,1 | 18,1 | 18,8 | 20,1 | 5,7 |
| 2,95 | 6,11 | 6,89 | 6,70 | 7,94 | 8,26 |
| 16,86 | 13,06 | 7,64 | 2,70 | — 1,65 | 21,38 |
| 22,52 | 21,40 | 18,59 | 14,02 | 12,85 | 9,81 |
| 19,60 | 14,77 | 9,62 | 2,91 | — 3,46 | 24,34 |
| 16,9 | 8,4 | 8,4 | 2,7 | — 3,1 | 23,1 |
| 14,94 | 10,88 | 7,28 | 2,24 | — 3,10 | 20,39 |
| 17,32 | 14,01 | 8,79 | 4,52 | 1,22 | 18,11 |
| 22,28 | 21,08 | 16,76 | 11,87 | 9,00 | 13,32 |
| 17,7 | 14,4 | 9,3 | 4,5 | 1,0 | 21,7 |
| 11,65 | 11,11 | 10,06 | 8,82 | 7,73 | 4,69 |
| 15 50 | 13,50 | 4,80 | 0,50 | — 8,05 | 26,45 |
| 15,11 | 12,88 | 9,77 | 4,88 | 4,88 | 12,45 |
| 3,0 | — 2,9 | —10,2 | —16,6 | —24,2 | 31,1 |
| 8,2 | 4,0 | — 4,2 | —14,3 | —19,1 | 33,6 |
| 0,26 | — 4,21 | —15,48 | —23,62 | —23,83 | 33,28 |
| 8,44 | 5,77 | 0,88 | — 2,44 | —11,33 | 22,24 |
| 9,27 | 6,42 | 2,18 | — 0,69 | — 1,15 | 12,39 |
| 11,46 | 10,65 | 6,50 | 4,84 | 1,92 | 10,45 |
| 12,74 | 10,56 | 8,00 | 4,93 | 3,57 | 9,88 |
| 11,22 | 9,53 | 7,46 | 4,19 | 3,44 | 9,47 |
| 14,02 | 12,00 | 8,66 | 6,00 | 3,78 | 12,00 |
| 18,3 | 15,6 | 11,6 | 7,3 | 5,0 | 14,3 |
| 20,0 | 17,0 | 13,3 | 8,3 | 6,1 | 16,10 |
| 14,82 | 12,52 | 9,0 | 5,41 | 2,92 | 13,43 |
| 14,80 | 12,72 | 8,51 | 4,41 | 2,17 | 14,29 |
| 14,41 | 12,13 | 8,78 | 5,22 | 2,28 | 12,95 |
| 14,72 | 11,75 | 8,05 | 3,07 | 1,57 | 15,83 |
| 5,38 | 3,02 | — 0,41 | — 3,63 | — 5,66 | 12,38 |
| 14,18 | 12,05 | 8,17 | 4,28 | — 0,10 | 16,18 |
| 18,48 | 15,32 | 11,09 | 6,70 | 2,03 | 18,46 |
| 18,58 | 16,34 | 13,16 | 9,68 | 7,45 | 12,52 |
| 19,71 | 18,06 | 15,56 | 12,18 | 10,10 | 11,12 |
| 19,40 | 16,92 | 14,58 | 9,50 | 7,02 | 13,75 |

## Tafel der mittleren Monatstemp

| | Januar. | Februar. | März. | April. |
|---|---|---|---|---|
| Berlin | — 1,90 | — 0,15 | 2,74 | 6,88 |
| Breslau | — 1,8 | — 1,3 | 1,3 | 6,1 |
| Carlsruhe | — 0,14 | 1,97 | 4,57 | 8,36 |
| Danzig | — 2,02 | — 0,54 | 1,44 | 5,07 |
| Dresden | — 1,25 | 0,58 | 3,52 | 7,82 |
| Düsseldorf | 1,4 | 3,1 | 5,4 | 8,9 |
| Frankfurt a. M. | — 0,24 | 2,08 | 4,24 | 7,60 |
| München | — 1,07 | 0,45 | 4,08 | 6,63 |
| Prag | — 1,95 | — 0,27 | 3,94 | 9,16 |
| Tübingen | — 1,44 | 0,46 | 3,28 | 6,96 |
| Wien | — 1,21 | 0,68 | 3,91 | 8,82 |
| Bergen | 1,34 | 2,06 | 2,48 | 5,48 |
| Stockholm | — 3,42 | — 2,37 | — 1,07 | 2,12 |
| Torneo | — 12,71 | — 11,03 | — 7,31 | — 2,36 |
| Archangel | — 11,3 | — 10,2 | — 4,49 | — 0,27 |
| Astrachan | — 8,60 | — 4,92 | 1,70 | 9,09 |
| Barnaul | — 16,7 | — 12,3 | — 10,1 | 0,6 |
| Irkutzk | — 15,69 | — 12,10 | — 5,32 | 1,86 |
| Jakutzk | — 34,43 | — 27,05 | — 17,08 | — 6,95 |
| Moskau | — 8,19 | — 7,11 | — 2,33 | 4,32 |
| Petersburg | — 8,4 | — 7,4 | — 5,6 | 1,2 |
| Sebastopol | 1,0 | 2,0 | 4,6 | 8,1 |
| Tiflis | — 0,05 | 0,84 | 4,62 | 9,11 |
| Ustjansk | — 31,8 | — 28,1 | — 16,0 | — 11,2 |
| Algier | 9,32 | 10,14 | 10,66 | 12,02 |
| Gibraltar | 11,56 | 11,39 | 13,87 | 15,11 |
| Cairo | 11,60 | 10,72 | 14,48 | 20,40 |
| Bukarest | — 3,56 | — 5,20 | — 0,12 | 5,48 |
| Funchal | 14,00 | 13,84 | 14,32 | 14,40 |
| St. Helena | 14,21 | 15,06 | 15,22 | 14,94 |
| Capstadt | 18,83 | 19,54 | 18,11 | 15,60 |
| Kouka | 19,44 | 22,72 | 25,28 | 26,80 |
| Batavia | 20,44 | 21,88 | 21,10 | 20,88 |
| Calcutta | 16,57 | 19,16 | 22,89 | 25,29 |
| Peking | — [illegible] | — 2,40 | 4,27 | 11,18 |
| Singapore | 20,65 | 21,46 | 21,51 | 21,8[illegible] |
| Fort Dundas | 22,89 | 22,72 | 22,64 | 22,40 |
| Hobarttown | 13,84 | 13,84 | 10,40 | 9,53 |
| Adelaide | 23,31 | 21,00 | 20,75 | 14,86 |



## er Orte in Réaumur'schen Graden.

| August | Septbr. | October. | Novemb. | Decemb. | Differenz. |
|---|---|---|---|---|---|
| 14,43 | 11,75 | 7,97 | 3,25 | 1,32 | 16,94 |
| 14,5 | 11,8 | 7,4 | 2,7 | — 0,5 | 16,6 |
| 15,41 | 12,56 | 8,33 | 4,24 | 1,58 | 15,97 |
| 13,73 | 10,70 | 6,69 | 2,69 | — 0,09 | 16,06 |
| 14,82 | 11,67 | 8,02 | 3,04 | 0,75 | 17,02 |
| 14,9 | 12,6 | 8,9 | 5,3 | 2,2 | 13,9 |
| 14,99 | 12,18 | 7,66 | 3,98 | 1,00 | 15,38 |
| 14,26 | 11,63 | 7,65 | 3,12 | 1,29 | 15,62 |
| 16,25 | 13,25 | 8,13 | 3,52 | 0,68 | 18,67 |
| 13,84 | 11,20 | 7,04 | 1,44 | — 1,12 | 15,68 |
| 16,87 | 13,29 | 8,54 | 3,71 | 0,46 | 18,43 |
| | | | | | |
| 11,94 | 9,94 | 7,13 | 3,95 | 2,55 | 11,28 |
| 12,80 | 9,62 | 5,42 | 1,50 | — 2,15 | 17,40 |
| 10,88 | 6,34 | 0,17 | — 0,38 | —10,38 | 25,77 |
| | | | | | |
| 11,37 | 6,94 | 1,43 | — 4,17 | — 8,66 | 24,11 |
| 20,29 | 16,14 | 8,06 | 3,05 | — 3,58 | 28,89 |
| 12,6 | 6,9 | 0,7 | — 8,2 | —14,1 | 32,5 |
| 12,07 | 6,89 | 0,85 | — 6,71 | —13,68 | 30,29 |
| 11,60 | 5,38 | — 6,85 | —24,18 | —29,68 | 47,93 |
| 13,83 | 9,42 | 3,33 | — 2,16 | — 7,10 | 23,48 |
| 12,8 | 7,8 | 2,6 | — 3,7 | — 5,8 | 22,5 |
| 17,1 | 13,9 | 9,7 | 5,4 | 2,2 | 16,4 |
| 19,99 | 15,13 | 11,04 | 5,52 | 2,11 | 20,62 |
| 5,6 | — 6,1 | 22,5 | —25,4 | —30,7 | 43,6 |
| | | | | | |
| 19,77 | 18,30 | 16,22 | 13,30 | 10,29 | 10,45 |
| 20,84 | 18,59 | 15,72 | 13,37 | 11,63 | 9,70 |
| 23,92 | 20,96 | 17,92 | 13,76 | 13,04 | 13,20 |
| 14,74 | 11,69 | 7,71 | 4,82 | 0,48 | 19,63 |
| | | | | | |
| 18,48 | 18,64 | 17,36 | 15,84 | 14,16 | 4,80 |
| 11,19 | 11,14 | 11,66 | 12,38 | 13,23 | 4,08 |
| 12,70 | 13,29 | 14,64 | 16,95 | 17,94 | 8,17 |
| 21,52 | 22,80 | 23,68 | 21,20 | 17,72 | 9,08 |
| | | | | | |
| 20,88 | 20,88 | 20,00 | 19,11 | 20,88 | 2,22 |
| 23,82 | 24,02 | 23,29 | 20,77 | 17,94 | 9,38 |
| 21,74 | 16,51 | 10,47 | 3,11 | — 1,71 | 25,03 |
| 21,82 | 21,79 | 21,81 | 21,47 | 20,85 | 1,65 |
| | | | | | |
| 19,60 | 20,80 | 22,24 | 22,96 | 23,44 | 5,60 |
| 6,00 | 6,72 | 9,84 | 11,36 | 13,76 | 10,24 |
| 11,62 | 12,58 | 16,06 | 18,00 | 22,22 | 13,42 |

168 **Die jährlichen Variationen der Lufttemperatur.** Die Tabelle auf S. 456 bis S. 459 liefert uns auch das Material, um die jährlichen Variationen der Lufttemperatur für die in derselben verzeichneten Orte zu verfolgen. Zunächst finden wir in derselben eine Bestätigung für die bereits in §. 159 ausgesprochene Behauptung, dass im Allgemeinen die Gränzen, zwischen welchen die Temperatur eines Ortes im Laufe eines Jahres schwankt, um so weiter auseinander liegen, je weiter derselbe vom Aequator entfernt ist. Es geht dies besonders aus der Betrachtung der letzten, mit „Differenz" überschriebenen Columne dieser Tabelle hervor.

Um für irgend einen Ort den normalen Gang der mittleren Temperatur anschaulich zu machen, kann man denselben graphisch darstellen, indem man auf zwölf gleichweit von einander abstehenden, den einzelnen Monaten entsprechenden Verticallinien die entsprechenden mittleren Monatstemperaturen als Ordinaten aufträgt und die so markirten Punkte durch eine Curve verbindet, wie dies auf Tab. 13 für fünf verschiedene Orte geschehen ist.

Man übersieht in Tab. 13 sehr deutlich, wie in Havannah die mittlere Temperatur der einzelnen Monate nur unbedeutenden Variationen unterliegt, während in Jakutzk die mittlere Monatstemperatur nur von — 34,5 bis + 13,6 steigt, so dass also die Temperaturcurve für Jakutzk eine sehr steile wird.

So ist auch die jährliche Temperaturcurve für Moskau steiler als die für Berlin; die mittlere Januartemperatur ist für Moskau bedeutend tiefer, die mittlere Julitemperatur dagegen etwas höher als für Berlin.

Die zwölf Ordinaten, über welche die Curven der Tab. 13 gezogen sind, beziehen sich übrigens auf zu weit von einander abstehende Zeitintervalle, als dass sie das Gesetz der jährlichen Temperaturperiode in seinen Einzelnheiten genau darstellen könnten; zu diesem Zwecke müsste man statt der Monatsmittel die mittlere Temperatur kleinerer Zeitabschnitte ermitteln und zwar erweisen sich fünftägige Mittel, durch welche das Jahr in 73 gleiche Theile getheilt wird, besonders empfehlenswerth. Dove hat alle auf fünftägige Mittel berechneten Beobachtungen zusammengestellt und für einige Orte, welche besonders charakteristische Eigenthümlichkeiten und Gegensätze darbieten, graphisch dargestellt (Verbreitung der Wärme auf der Oberfläche der Erde, Berlin 18[illegible]). Am vollständigsten erhält man aber jedenfalls die jährliche Temperaturcurve, wenn man zu ihrer Construction die 365 Tagesmittel verwendet.

Hat man aus einer längeren Reihe von Jahren die mittlere Temperatur für einen jeden Tag des Jahres ermittelt, so erhält man die mittlere Temperaturcurve des Jahres, wenn man die 365 Tagesmittel in gleichen Horizontaldistanzen als Ordinaten aufträgt und den Gipfelpunkt einer jeden mit dem Gipfelpunkt der folgenden verbindet. So hat z. B. Greiss (Jahresbericht d. physik. Vereins zu Frankfurt a. M. für d. Rechnungsjahr 1859 bis 1860) für die mittlere Temperatur der einzelnen



ge des Jahres als Mittel aus 20jährigen Beobachtungen (1837 bis 1856 l.) folgende Werthe gefunden.

(Siehe die Tabelle auf S. 462 und 463.)

Wenn man nach den Zahlen dieser Tabelle die Temperatur eines n Tages als Ordinate aufträgt und den Gipfelpunkt jeder Ordinate dem Gipfelpunkt der folgenden durch eine gerade Linie verbindet, es in Fig. 4 auf Tab. 12 für die Tage vom 1. Januar bis zum Februar und in Fig. 3 Tab. 12 für den Mai geschehen ist, so er- man nicht etwa eine regelmässig verlaufende Curve, sondern eine Zickzack unregelmässig auf- und absteigende, von der man unmög- annehmen kann, dass sie das wahre Gesetz der jährlichen Periode Lufttemperatur ausdrückt. In 20jährigen Mitteln erscheinen also Störungen des normalen Ganges der Lufttemperatur noch nicht aus- chen. Diese Unregelmässigkeiten verschwinden aber selbst in der e noch nicht, welche sich in der angegebenen Weise für Berlin 110jährigen Beobachtungen ergiebt.

Um solche Unregelmässigkeiten zu entfernen, haben Bouvard, sel u. a. Interpolationsformeln construirt, deren Constanten aus einer lichst grossen Reihe von Beobachtungsdaten abgeleitet werden müs- . Die Anwendung solcher Formeln ist aber eine so umständliche, wir hier nicht weiter darauf eingehen können.

Meermann hat die mittlere jährliche Temperaturcurve für Frank- a. M. dadurch zu bestimmen gesucht, dass er zunächst aus einer hrigen Beobachtungsreihe (1758 bis 1767) die mittlere Temperatur jeden Tages im Jahre in der Weise zu bestimmen suchte, wie es r Tabelle auf S. 462 aus einer 20jährigen Reihe geschehen ist; als wahre Tagesmittel nahm er alsdann für jeden Tag das Mittel aus 15 vorangehenden und 15 nachfolgenden Tageszahlen. Nach den rhaltenen Zahlen ist alsdann Meermann's Linie der mittleren me construirt, welche man auf der graphischen Darstellung täglichen mittleren Barometer- und Thermometerstandes Frankfurt a. M. bis zum Jahre 1860 aufgetragen findet. Greiss rte das Meermann'sche Verfahren dahin ab, dass er die Mittelzah- aus 20jährigen Beobachtungen zu Grunde legte und dann den be- nden Tag mit den 15 vorangehenden und den 15 nachfolgenden zu r Summe vereinigte, die dann durch 31 dividirt die gesuchte nor- le Temperatur des fraglichen Tages liefert. Auf diese Weise ist dann Tabelle auf S. 464 berechnet. So ist z. B. die für den 16. Januar ndene Zahl — 0,3 das arithmetische Mittel aus den 31 Zahlen der iten Verticalreihe der umstehenden Tabelle.

| Datum. | Januar. | Februar. | März. | April. | Mai. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | — 0,0 | 0,9 | 1,5 | 6,0 | 9,8 |
| 2 | — 0,1 | 0,9 | 1,5 | 6,1 | 10,2 |
| 3 | — 0,4 | 0,5 | 2,1 | 6,5 | 10,5 |
| 4 | — 0,4 | 0,5 | 2,2 | 6,4 | 10,5 |
| 5 | — 0,5 | 0,0 | 2,0 | 6,7 | 10,1 |
| 6 | — 0,1 | 0,7 | 2,4 | 6,8 | 10,3 |
| 7 | — 0,5 | 0,7 | 2,2 | 6,8 | 10,7 |
| 8 | — 0,3 | 0,8 | 2,3 | 6,5 | 10,7 |
| 9 | — 0,5 | 1,2 | 2,4 | 6,2 | 10,6 |
| 10 | — 0,7 | 0,4 | 2,7 | 5,7 | 10,4 |
| 11 | — 0,8 | 0,2 | 2,4 | 6,3 | 10,4 |
| 12 | — 1,1 | 0,0 | 2,5 | 6,7 | 10,6 |
| 13 | — 0,9 | 0,1 | 2,9 | 6,9 | 11,2 |
| 14 | — 0,8 | 0,4 | 3,1 | 7,1 | 10,3 |
| 15 | — 1,0 | 0,5 | 3,3 | 7,1 | 10,2 |
| 16 | — 1,1 | 1,2 | 3,5 | 7,0 | 10,7 |
| 17 | — 0,8 | 1,4 | 4,1 | 7,2 | 11,2 |
| 18 | — 0,3 | 1,4 | 3,9 | 7,8 | 11,2 |
| 19 | — 0,6 | 0,5 | 3,3 | 8,0 | 11,2 |
| 20 | — 0,8 | 0,2 | 3,4 | 8,6 | 10,7 |
| 21 | — 1,0 | 0,4 | 3,3 | 8,4 | 10,9 |
| 22 | — 0,7 | 1,1 | 3,6 | 8,7 | 12,3 |
| 23 | — 0,4 | 1,3 | 4,2 | 8,5 | 12,9 |
| 24 | 0,1 | 2,0 | 4,1 | 8,9 | 13,3 |
| 25 | 0,4 | 2,2 | 3,8 | 9,0 | 12,8 |
| 26 | 0,7 | 2,3 | 3,7 | 9,3 | 12,9 |
| 27 | 0,8 | 2,1 | 4,0 | 9,0 | 12,9 |
| 28 | 0,3 | 1,8 | 4,3 | 8,7 | 13,2 |
| 29 | 0,7 | — | 4,9 | 8,8 | 13,5 |
| 30 | 0,1 | — | 5,1 | 9,4 | 13,4 |
| 31 | 0,5 | — | 5,2 | — | 12,9 |

| August. | September. | October. | November. | December. |
|---|---|---|---|---|
| 15,4 | 14,0 | 10,2 | 5,9 | 2,3 |
| 15,3 | 13,6 | 10,6 | 5,8 | 2,1 |
| 15,6 | 13,2 | 10,5 | 5,3 | 1,5 |
| 15,6 | 13,1 | 10,5 | 4,9 | 1,4 |
| 15,2 | 12,9 | 10,8 | 5,0 | 1,6 |
| 15,4 | 12,6 | 10,3 | 4,6 | 2,0 |
| 14,9 | 12,7 | 10,2 | 4,6 | 1,9 |
| 14,8 | 12,7 | 9,5 | 4,6 | 0,9 |
| 15,3 | 12,7 | 9,0 | 4,8 | 1,1 |
| 15,5 | 13,1 | 8,9 | 4,3 | 1,6 |
| 15,7 | 13,1 | 9,0 | 4,1 | 0,5 |
| 15,5 | 12,8 | 8,8 | 3,7 | — 0,9 |
| 15,5 | 11,8 | 7,4 | 3,7 | — 0,2 |
| 15,7 | 11,8 | 7,2 | 4,1 | — 0,3 |
| 15,2 | 12,1 | 7,6 | 3,9 | 0,7 |
| 15,4 | 12,2 | 7,3 | 3,9 | 1,0 |
| 15,3 | 12,2 | 7,8 | 3,9 | 0,9 |
| 15,1 | 12,3 | 7,8 | 3,4 | 0,5 |
| 15,3 | 11,9 | 8,1 | 3,0 | 0,1 |
| 15,3 | 11,4 | 7,8 | 3,2 | — 0,3 |
| 15,3 | 11,6 | 6,6 | 3,2 | — 0,2 |
| 15,0 | 11,0 | 6,4 | 3,3 | — 0,1 |
| 15,1 | 11,3 | 6,4 | 3,2 | 0,0 |
| 14,6 | 10,6 | 6,8 | 3,3 | 0,3 |
| 14,2 | 10,3 | 6,9 | 2,9 | 1,0 |
| 14,0 | 10,1 | 6,6 | 2,7 | 0,4 |
| 14,2 | 10,0 | 6,4 | 1,8 | 0,0 |
| 14,5 | 10,2 | 6,6 | 2,0 | 0,5 |
| 14,3 | 10,5 | 6,4 | 2,1 | — 0,8 |
| 14,5 | 9,8 | 6,2 | 2,3 | — 0,4 |
| 13,9 | — | 5,5 | — | 0,2 |

**Normale Mitteltemperatur der e**

| Datum. | Januar. | Februar. | März. | April. | Mai. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | — 0,2 | 0,3 | 1,9 | 5,3 | 9,5 |
| 2 | — 0,2 | 0,3 | 2,0 | 5,4 | 9,6 |
| 3 | — 0,3 | 0,4 | 2,1 | 5,6 | 9,8 |
| 4 | — 0,3 | 0,4 | 2,2 | 5,7 | 9,9 |
| 5 | — 0,3 | 0,4 | 2,2 | 5,9 | 10,0 |
| 6 | — 0,3 | 0,5 | 2,3 | 6,1 | 10,0 |
| 7 | — 0,3 | 0,6 | 2,4 | 6,2 | 10,2 |
| 8 | — 0,4 | 0,6 | 2,6 | 6,4 | 10,3 |
| 9 | — 0,4 | 0,7 | 2,7 | 6,5 | 10,4 |
| 10 | — 0,4 | 0,7 | 2,7 | 6,7 | 10,6 |
| 11 | — 0,4 | 0,8 | 2,8 | 6,9 | 10,7 |
| 12 | — 0,4 | 0,8 | 2,9 | 7,0 | 10,8 |
| 13 | — 0,4 | 0,9 | 2,9 | 7,2 | 10,9 |
| 14 | — 0,3 | 0,9 | 3,0 | 7,3 | 11,1 |
| 15 | — 0,3 | 0,9 | 3,1 | 7,4 | 11,3 |
| 16 | — 0,3 | 1,0 | 3,2 | 7,6 | 11,4 |
| 17 | — 0,3 | 1,0 | 3,4 | 7,7 | 11,5 |
| 18 | — 0,2 | 1,0 | 3,5 | 7,9 | 11,6 |
| 19 | — 0,2 | 1,1 | 3,7 | 8,0 | 11,7 |
| 20 | — 0,2 | 1,2 | 3,8 | 8,1 | 11,8 |
| 21 | — 0,2 | 1,3 | 3,9 | 8,2 | 11,9 |
| 22 | — 0,2 | 1,3 | 4,1 | 8,3 | 12,0 |
| 23 | — 0,1 | 1,4 | 4,2 | 8,5 | 12,1 |
| 24 | — 0,1 | 1,4 | 4,4 | 8,6 | 12,3 |
| 25 | — 0,1 | 1,5 | 4,5 | 8,7 | 12,4 |
| 26 | 0,0 | 1,5 | 4,6 | 8,9 | 12,5 |
| 27 | 0,0 | 1,6 | 4,7 | 9,0 | 12,6 |
| 28 | 0,0 | 1,7 | 4,9 | 9,2 | 12,7 |
| 29 | 0,1 | — | 5,0 | 9,3 | 12,9 |
| 30 | 0,1 | — | 5,1 | 9,4 | 13,0 |
| 31 | 0,2 | — | 5,2 | — | 13,2 |

**Jahres für Frankfurt a. M.**

| August. | September. | October. | November. | December. |
|---|---|---|---|---|
| 15,2 | 13,7 | 10,1 | 5,7 | 2,0 |
| 15,2 | 13,7 | 10,0 | 5,6 | 1,9 |
| 15,2 | 13,5 | 9,8 | 5,4 | 1,8 |
| 15,2 | 13,4 | 9,7 | 5,3 | 1,7 |
| 15,2 | 13,3 | 9,6 | 5,1 | 1,6 |
| 15,2 | 13,2 | 9,4 | 5,0 | 1,5 |
| 15,2 | 13,0 | 9,2 | 4,9 | 1,4 |
| 15,2 | 12,9 | 9,1 | 4,8 | 1,3 |
| 15,2 | 12,8 | 8,9 | 4,7 | 1,2 |
| 15,2 | 12,7 | 8,8 | 4,6 | 1,1 |
| 15,1 | 12,5 | 8,7 | 4,4 | 1,0 |
| 15,1 | 12,4 | 8,6 | 4,3 | 0,9 |
| 15,1 | 12,3 | 8,5 | 4,1 | 0,9 |
| 15,1 | 12,1 | 8,3 | 4,0 | 0,8 |
| 15,1 | 12,0 | 8,2 | 3,9 | 0,7 |
| 15,0 | 11,9 | 8,1 | 3,8 | 0,7 |
| 15,0 | 11,8 | 8,0 | 3,6 | 0,6 |
| 14,9 | 11,7 | 7,8 | 3,5 | 0,5 |
| 14,8 | 11,6 | 7,6 | 3,4 | 0,4 |
| 14,7 | 11,5 | 7,5 | 3,3 | 0,4 |
| 14,6 | 11,4 | 7,3 | 3,2 | 0,3 |
| 14,6 | 11,3 | 7,1 | 3,1 | 0,3 |
| 14,5 | 11,2 | 6,9 | 3,0 | 0,2 |
| 14,4 | 11,1 | 6,7 | 2,9 | 0,1 |
| 14,3 | 11,0 | 6,6 | 2,8 | 0,1 |
| 14,3 | 10,9 | 6,5 | 2,6 | 0,0 |
| 14,2 | 10,7 | 6,1 | 2,5 | 0,0 |
| 14,0 | 10,5 | 6,0 | 2,3 | 0,0 |
| 13,9 | 10,4 | 5,9 | 2,2 | — 0,1 |
| 13,8 | 10,3 | 5,9 | 2,1 | — 0,1 |
| 13,8 | | 5,8 | | — 0,1 |

Nach den Zahlen dieser Tabelle ist dann die Linie der mittle Wärme auf der graphischen Darstellung der meteorologischen B achtungen des physikalischen Vereins zu Frankfurt a. M. vom Jahr 1 an aufgetragen. Die stark ausgezogene Curve in Fig. 3 und Fig. Tab. 12 sind Stücke dieser Linie.

Hat man einmal den normalen Gang der Wärme für irgend Ort ermittelt, so lässt sich nun auch leicht übersehen, wie weit i zelnen Jahren die Lufttemperatur von dem normalen Gange ab In Fig. 1 Tab. 14 ist der normale Gang der Wärme für Frankfurt vom 1. bis 25. Januar mit dem in den Jahren 1853 und 1861 be teten graphisch zusammengestellt.

Wir werden später noch einmal auf diesen Gegenstand z kommen.

169 **Thermische Isanomalen.** Ein Blick auf die Karte der isothermen belehrt uns, wie ungleich die mittlere Jahreswärme a schiedenen Orten desselben Breitengrades ist. Auf dem 60. Breite z. B. ist die mittlere Jahrestemperatur auf dem Meere zwischen und Amerika gleich 0°, an der Westküste der Hudsonsbay ist sie fähr — 6°, in der Nähe der Südspitze von Grönland wieder 0°; a Meere nördlich von Schottland + 3,4, auf dem Ural 0° und im I von Asien wieder — 7° R.

Ermittelt man mit Hülfe der Isothermenkarte durch Interp die mittlere Wärme für die auf demselben Breitengrade liegenden I deren Länge 10°, 20° u. s. w. bis 360° ist, so erhält man die n Wärme für 36 gleichweit von einander abstehende Punkte desselb rallelkreises. Nimmt man aus den 36 so erhaltenen Werthen das so erhält man eine Zahl, welche Dove die normale Temperatu Parallels nennt. Nach Dove's Bestimmungen sind Folgend Werthe der normalen mittleren Jahrestemperatur für die nen Parallelkreise:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 90° nördl. Breite . . | — 13,2° R. | 20° nördl. Breite . . | + [illegible] |
| 80 „ „ . . | — 11,2 | 10 „ „ . . | [illegible] |
| 70 „ „ . . | — 7,1 | 0 „ „ . . | [illegible] |
| 65 „ „ . . | — 4,2 | — 10 südl. Breite . . | [illegible] |
| 60 „ „ . . | — 0,8 | 20 „ „ . . | 1 |
| 50 „ „ . . | + 4,3 | 30 „ „ . . | 1 |
| 40 „ „ . . | 10,9 | 40 „ „ . . | 1 |
| 30 „ „ . . | 16,8 | | |

Mit Hülfe dieser Tabelle kann man nun leicht sehen, ob und die mittlere Jahreswärme eines Ortes höher oder tiefer ist als di male mittlere Jahrestemperatur des Parallels. So ist z. B. die m Jahrestemperatur von Petersburg, welches ungefähr unter dem 60

…grade liegt, 3,4°, also um 4,2° höher als die Normaltemperatur des Parallels oder, um es kurz auszudrücken, die mittlere Jahrestemperatur von Petersburg ist um 4,2° zu hoch. In gleichem Sinne ist dagegen die mittlere Jahrestemperatur von Nertschinsk, — 3,2°, ungefähr um 6,8° zu niedrig, da die normale mittlere Jahreswärme für den Parallel von 51° 15', unter welchem Nertschinsk liegt, wie sich durch Interpolation aus obiger Tabelle ermitteln lässt, + 3,6° beträgt.

Diese Differenz zwischen der mittleren Temperatur eines Ortes und der Normaltemperatur seines Parallels nennt Dove die thermische Anomalie. Mit dem Namen der thermischen Isanomalen bezeichnet er dagegen solche auf einer Karte gezogenen Curven, welche eine Reihe von Orten mit einander verbinden, denen eine gleiche thermische Anomalie zukommt. In der Karte Tab. XX sind die thermischen Isanomalen des Jahres eingetragen. Um die Uebersicht zu erleichtern, sind die Gegenden, in welchen die mittlere Jahreswärme zu hoch ist, weiss gelassen, diejenigen, in welchen sie zu niedrig ist, dagegen blau angelegt.

So übersieht man denn hier mit einem Blick, dass die mittlere Jahreswärme von ganz Europa, Kleinasien, Arabien, Persien, Ostindien und dem grössten Theile von Afrika und Australien höher ist als die Normaltemperatur des Jahres für die entsprechenden Parallelkreise; dagegen hat in gleicher Weise der ganze asiatische Continent bis auf die eben genannten südwestlichen Theile, und der Continent von Nordamerika bis auf die nordwestlichen Küsten und Florida eine zu geringe mittlere Jahreswärme.

Auf dieser Karte sehen wir aber auch, wie gross die thermische Anomalie eines jeden Ortes ist; wir sehen zum Beispiel, dass in der Mitte von Spanien, Sicilien und Moskau die mittlere Jahreswärme um 2°, in Irland, dem nördlichen Schottland, in der Umgegend von Drontheim um [illegible] zu hoch ist. Dagegen läuft eine thermische Isanomale von — 2° südöstlich von Fort Snelling vorbei, in der Nähe von Washington und Boston vorüber nach Neu-Foundland u. s. w.; zu Washington und Boston ist also die mittlere Jahrestemperatur um 2° zu niedrig.

In derselben Weise, wie die Curven der Karte Tab. XX aus den Jahresisothermen abgeleitet worden sind, hat Dove auch die Monatsisothermen benutzt, um die thermischen Isanomalen für jeden einzelnen Monat zu construiren. Tab. XXI und Tab. XXII enthalten die thermischen Isanomalen der Monate Januar und Juli.

Aus dem Laufe der thermischen Isanomalen des Januar ersehen wir, dass die mittlere Temperatur dieses Monats an den nordwestlichen Küsten von Nordamerika und namentlich an den westlichen Küsten von Europa viel zu hoch ist; dass dagegen dieser Monat im Inneren und an den Ostküsten von Nordamerika, sowie auf dem asiatischen Continent, und namentlich in Sibirien, viel zu kalt ist. In London ist die mittlere Temperatur des Januar um 8°, in Drontheim ist sie um 12° zu hoch; dagegen ist sie am Michigan- und Huronsee in Nordamerika 6°,

zu Jakutzk in Sibirien 17° niedriger als die Normaltemperatur der ent-
sprechenden Parallelkreise für den genannten Monat.

Anders gestalten sich die Verhältnisse im Juli; in diesem Monate
zeigt sich in Sibirien ein grösserer, in Europa nur ein unbedeutender
Ueberschuss über die Normaltemperatur der entsprechenden Parallelkreise,
während an den Ostküsten von Nordamerika auch dieser Monat zu k
bleibt.

170 **Land- und Seeklima.** Die ungleiche Vertheilung von L
und Wasser auf unserer Erdoberfläche veranlasst eine ungleiche Erwär-
mung an verschiedenen Stellen, sie bedingt grossentheils die Richtung
der Luft- und Meerströmungen, durch welche entweder die höhere Tem-
peratur der Tropen nach den Polen hin, oder umgekehrt die Kälte d
Polarmeere dem Aequator genähert wird; die Wirkung, welche die Son-
nenstrahlen an irgend einem Orte der Erde hervorzubringen im Stan
sind, hängt von der Configuration des Landes, von der Beschaffenh
des Bodens ab, sie wird durch die Richtung der herrschenden Wi
durch Gebirgszüge modificirt: die klimatischen Verhältnisse einer Ge
sind also das Resultat mannigfacher Ursachen, welche sich theils com
niren, theils gegenseitig modificiren, und welche bald mehr allgemein
bald mehr localer Natur sind, welche bald direct, bald indirect wirk
„Die physische Geographie," sagt Humboldt, „hat ihre numerisch
Elemente wie das Weltsystem, und wir werden in der Kenntniss die
Elemente in dem Maasse fortschreiten, als wir die Thatsachen besser b
nutzen lernen, um in ihnen die allgemeinen Gesetze mitten in dem
sammenwirken der partiellen Störungen zu erkennen."

Ganz abgesehen davon, dass die ungleiche Vertheilung von L
und Wasser auf unserer Erdoberfläche die Richtung der Luft- und M
strömungen modificirt, bewirkt sie auch direct eine ungleiche Wär
vertheilung, weil das feste Land, die Wärmestrahlen leichter absorb
und ausstrahlend, sich schneller erwärmt und leichter wieder erk
als das Meer, welches überall von gleichförmiger Natur, wegen s
Durchsichtigkeit und wegen der bedeutenden specifischen Wärme
Wassers nicht so schnell erwärmt wird, die einmal erlangte Wärme
auch nicht so schnell abgiebt. Die Temperatur der Meeresoberf
ist deshalb weit gleichförmiger, sowohl die täglichen als auch die j
lichen Temperaturschwankungen sind hier ungleich geringer als in
Mitte der grossen Continente, und dadurch ist gerade der schon
erwähnte Unterschied zwischen Land- und Seeklima bedingt, w
dadurch grösser wird, dass an den Küsten der nördlich gelegenen L
der der Himmel meistens bedeckt ist, was sowohl den wärmenden E
fluss der Sonnenstrahlen im Sommer mässigt, als auch die starke E
tung des Bodens durch Wärmestrahlung im Winter hindert.

Inseln, welche mitten in einem grossen Meere liegen, Küsten
namentlich Halbinseln werden das weniger veränderliche Seeklima

ihrend die Unterschiede zwischen Sommer- und Wintertemperatur grösser sind, je weiter man sich von den Küsten entfernt. Schon eren Paragraphen wurden Beispiele angeführt, welche zeigen, wie icher mittlerer Jahreswärme die Vertheilung der Wärme auf die edenen Jahreszeiten oft sehr ungleich ist; wie an Orten, welche stenklima haben, die Temperaturschwankungen weit geringer sind solche Orte, welche mitten im Lande liegen.

ist bereits angeführt worden, dass Edinburg bei gleicher mitt-ahreswärme doch mildere Winter und kühlere Sommer hat als en. Die Differenz der mittleren Temperatur des heissesten und n Monats beträgt für Edinburg nur 9,5°, für Tübingen aber rad.

e Tabellen auf Seite 456 bis 459 liefern Material genug, um den chied zwischen Land- und Seeklima nachzuweisen; die folgende Tabelle enthält die Zusammenstellung einiger besonders charakteri-, obiger Tabelle entnommener Beispiele:

| | Mittlere Temperatur des | | | Differenz. |
|---|---|---|---|---|
| | Jahres. | Januar. | Juli. | |
| . . . . . . . . | 5,97 | 1,02 | 11,16 | 10,04 |
| ig . . . . . | 3,30 | — 0,97 | 10,75 | 11,72 |
| . . . . . . . | 6,57 | 1,34 | 12,62 | 11,28 |
| . . . . . . . . | 7,57 | 2,88 | 12,76 | 9,88 |
| l . . . . . . . . | 5,56 | — 4,80 | 15,59 | 20,39 |
| . . . . . . . | 3,57 | — 8,19 | 15,29 | 23,48 |
| an . . . . . . | 8,02 | — 8,60 | 19,98 | 28,58 |
| . . . . . . . | 0,27 | — 15,69 | 14,60 | 30,29 |
| . . . . . . . . | — 8,25 | — 34,43 | 16,35 | 50,78 |

n sehr anschauliches Bild des Unterschiedes zwischen Continental-istenklima erhält man, wenn man nach der für Tab. 13 erläu-Weise die jährlichen Variationen der Lufttemperatur für zwei Orte irt, welche nahezu gleiche mittlere Jahrestemperatur haben, von aber der eine dem Continentalklima, der andere dem Küstenklima rt, und die beiden Curven in einer Figur zusammenstellt, wie Fig. 2 Tab. 14 für Sitcha und Concord (in der Nähe von Bo-und in Fig. 3 Tab. 14 für Reykiavig und Moskau gesche-

as Seeklima, welchem die vier erstgenannten Orte der obigen Ta-

belle angehören, ist besonders durch kühle Sommer und gelinde Wi
charakterisirt, so dass die Differenz zwischen der mittleren Temper
des heissesten und des kältesten Monats nicht sehr gross ist. Am
schiedensten tritt dieser Charakter des Seeklimas an den nordwestl
Küsten von Amerika auf, wie man aus den Karten Tab. XXI und
am leichtesten übersehen kann. Der Juli ist hier zu kühl, der J
viel zu warm.

Das Continentalklima, welchem die fünf zuletzt genannten
angehören, ist dagegen durch heisse Sommer und kalte Winter
zeichnet, daher der Unterschied zwischen der Temperatur des
und des Juli hier sehr gross ist, wie dies namentlich die Temperat
hältnisse von Sibirien zeigen. Auch dies zeigen die Karten Tal
und XXII auf den ersten Blick, indem Sibirien auf der Januarkart
auf der Julikarte weiss, also in beiden Fällen gerade entgegengese
gelegt ist, wie die Nordwestküste von Nordamerika.

Aus den Karten Tab. XXI und XXII ersehen wir weiter, dass
fast normalen Sommer hat; die mittlere Temperatur des Juli
wenig zu hoch, und dieser Ueberschuss wächst von Westen nach
hin, dagegen fallen die Westküsten Europas im Winter entschied
Seeklima anheim, indem hier die mittlere Januartemperatur weit
ist als die Normaltemperatur dieses Monats für die entsprechende
tengrade.

Europa ist also unter allen Ländern gleicher geographischer
hinsichtlich seiner Wärmeverhältnisse in jeder Beziehung am
begünstigt, da es warme Sommer und gelinde Winter hat. Den
satz zu diesem Verhältniss bildet Nordamerika, welches, den sc
bereits erwähnten Küstenstrich abgerechnet, im Sommer dem
klima und im Winter dem Continentalklima anheimfällt, also b
kalten Wintern verhältnissmässig kühle Sommer hat.

Welchen Einfluss solche klimatischen Verschiedenheiten auf
getation ausüben müssen, ist klar. An mehreren Orten Sibiri
Jakutzk z. B., wo die mittlere Jahrestemperatur — 8,25° ist, di
lere Januartemperatur aber — 34,43° beträgt, wird während d
zen, aber heissen Sommers Weizen und Roggen auf einem Boden
welcher in einer Tiefe von 3 Fuss beständig gefroren bleibt; d
ist auf der Insel Island bei ungleich höherer Jahrestemperatur u
einer unbedeutenden Winterkälte an den Bau von Cerealien nich
zu denken, weil die niedrige Sommertemperatur nicht hinreicht,
Reife zu bringen.

Im nordöstlichen Island, wo im Winter kaum Eis friert, in g
Breite mit Königsberg, gedeiht die Myrthe so kräftig wie in Po
auf den Küsten von Devonshire überwintert die *Camellia japoni*
die *Fuchsia coccinea* im Freien; der Winter ist in Plymouth nicht
als in Florenz und Montpellier; der Weinbau gedeiht aber nicht i
land, weil die Rebe wohl eine ziemlich starke Winterkälte ve

›er eines heissen Sommers bedarf, wenn die Trauben reifen und
nkbaren Wein liefern sollen. In Astrachan, welches mit dem
gleiche Winterkälte hat, reifen die herrlichsten Trauben. Un-
ngt ausgezeichneten Wein hervor, obgleich seine Winter kälter
im nördlichsten Schottland, wo kein Obstbaum mehr gedeiht, ja
lter als auf den Faröerinseln, wo auch die Buche und die Eiche
hr fortkommt.

›erall, wo die mittlere Jahreswärme unter 17° ist, findet das
n der Natur im Frühlinge in demjenigen Monate Statt, dessen
Temperatur 6 bis 8° beträgt. Der Pfirsichbaum blüht, wenn
ere Temperatur eines Monats 5,5°, der Pflaumenbaum, wenn sie
icht. Die Birke schlägt bei einer mittleren Monatstemperatur
aus; in Rom findet dies im März, in Paris Anfangs Mai, in
n der Mitte Juni Statt, auf dem Nordcap kommt die Birke nicht
t, weil die mittlere Temperatur des heissesten Monats nur 8,1°

**sachen der Krümmung der Isothermen.** Bereits im 171
› des vorigen Paragraphen ist erwähnt worden, dass die Luft-
resströmungen einen wesentlichen Einfluss auf die klimatischen
isse der Länder ausüben, und sie sind es auch vorzugsweise,
ie Krümmung der Isothermen bedingen.

der nördlichen gemässigten Zone sind die Südwest- und die
'inde die vorherrschenden. Der Südwestwind kommt aus den
ialgegenden und führt die Wärme der Tropen zum Theil
ı kälteren Ländern; dieser erwärmende Einfluss der Südwest-
'ird aber in solchen Ländern vorzugsweise merklich werden,
er südwestlichen Luftströmung am meisten ausgesetzt sind, und
:lärt sich, dass die Westküsten der grossen Continente wärmer
die Ostküsten, dass die Isothermen in Europa, welches eigent-
eine halbinselförmige Verlängerung des asiatischen Continents
an den Westküsten von Nordamerika weiter nach Norden stei-
m Inneren von Asien und an den Ostküsten von Nordamerika.

ıer trägt eine unter dem Namen des Golfstroms bekannte
·ömung sehr zur Milderung des europäischen Klimas bei. Der
; dieses Stromes ist im mexikanischen Meerbusen zu suchen, wo
wasser bis zu einer Temperatur von 24 bis 25° erwärmt wird.
Cuba und Florida aus dem mexikanischen Meerbusen heraus-
folgt der Strom anfangs den amerikanischen Küsten, um sich
. stets zunehmender Breite und abnehmender Temperatur öst-
Europa hin zu wenden. Wenn auch der Golfstrom selbst nicht
e Küsten von Europa reicht, so verbreitet sich doch sein war-
ser, namentlich unter dem Einflusse der vorherrschenden Süd-
e, in den europäischen Gewässern, was schon daraus hervorgeht,
an den westlichen Küsten von Irland und an den Küsten von

Norwegen Früchte von Bäumen findet, die in der heissen Zone Am
wachsen; die West- und Südwestwinde bleiben also lange mit
Meerwasser in Berührung, dessen Temperatur zwischen dem 45. u
Breitengrade selbst im Januar nicht unter 7° sinkt. Unter des
flusse dieses Golfstromes ist das nördliche Europa durch ein e
Meer von dem Gürtel des Polareises getrennt; selbst in der kl
Jahreszeit erreicht die Gränze des Polareises nicht die europäisch
sten. Sabine fand zwischen dem 65. und 70. Breitengrade die
Temperatur des atlantischen Oceans an der Oberfläche 4,5°, währ
gleicher Breite die mittlere Temperatur des europäischen Co
schon unter dem Gefrierpunkte ist.

Während so alle Umstände zusammenwirken, um die Tem
in Europa zu erhöhen, wirken im nördlichen Asien mehrere U
zusammen, um die Isothermen bedeutend herabzusenken. Im
von Asien liegen zwischen den Wendekreisen keine bedeutenden
massen, nur einige asiatische Halbinseln ragen in die heisse Zo
ein; das Meer aber erwärmt sich nicht so stark wie die afrik
Wüsten, theils weil das Wasser die Wärmestrahlen ungleich wen
sorbirt, theils aber auch, weil bei der fortwährenden Verdampf
Wasser auf der Oberfläche des Meeres sehr viel Wärme gebund
Die warmen Luftströme, welche, aus dem Becken des indischen
aufsteigend, die Wärme der Tropen dem inneren und nördliche
zuführen könnten, werden aber noch durch die ungeheuren Geb
ten im Süden von Asien aufgehalten, während das nach Norden
mälig sich verflachende Land den Nord- und den Nordostwinde
gegeben ist. Während sich Europa nicht weit nach Norden e
ragt Asien weit in das nördliche Eismeer hinein, welches, hi
wärmenden Einflüssen entzogen, durch welche die Temperatur d
päischen Meere erhöht wird, fast immer mit Eis bedeckt ist.
reichen die Nordküsten von Asien bis an die Wintergränze de
eises, und die Sommergränze dieses Eises entfernt sich nur a
Zeit an einigen Stellen von den Küsten; dass aber dieser Umst
Temperatur bedeutend erniedrigen muss, ist klar, wenn man
wie viel Wärme bei der Schmelzung solcher Eismassen gebunde

Die bedeutende Senkung der Isothermen im Inneren von
amerika rührt vorzugsweise daher, dass dieser Continent in d
seiner Westküste seiner ganzen Länge nach von einem mächti
Nord nach Süd streichenden Gebirgswall, dem Felsengebirge
Cordilleren von Neumexico durchzogen wird, an welchem die w
sen Ocean her wehenden Südwestwinde Wärme und Feuchtigkei
ren, während umgekehrt der ganze Landstrich zwischen dem
gebirge und dem Alleghanigebirge den kalten Nordwinden
setzt ist.

Zu der bedeutenden Senkung an den Ostküsten von Nord
welche gleichfalls nicht von warmen Seewinden getroffen werde

ıoch der Umstand bei, dass sie nicht wie die europäischen Küsten ärmeren Gewässern bespült sind, sondern dass hier kalte Meeres-ıngen von Norden nach Süden ziehen. Eine solche Strömung, von ərgen herkommend, geht zwischen Island und Grönland hindurch reinigt sich dann mit den aus der Hudsons- und Baffinsbay kom-n Strömungen, um an der Küste von Labrador herab, bei Neu-ınd vorbei zu treiben und sich unter dem 44. Breitengrade in den om zu ergiessen. Diese arktische Strömung trägt die Kälte der gionen theils durch die niedrige Temperatur des Wassers selbst, lurch schwimmende Eisberge in die südlicheren Gegenden.

uf der südlichen Hemisphäre sind die Isothermen weit weniger ımt als auf der nördlichen, was wohl vorzugsweise darin seinen hat, dass der grösste Theil derselben mit Wasser bedeckt ist.

n den Westküsten von Südamerika macht sich eine bedeutende rung der Isothermen gegen den Aequator hin bemerklich, wie eses sowohl bei den Jahresisothermen als auch bei den Isothermen ıuar und des Juli sehen kann. Es rührt dies daher, dass gerade en Küsten eine vom Südpol gegen den Aequator gerichtete Meeres-ng die kälteren Gewässer des südlichen Eismeeres den niederen zuführt.

ne ähnliche Strömung im südlichen Theile des atlantischen Oceans t, dass auch zwischen Brasilien und Afrika die Isothermen ihre n Gipfel dem Aequator zukehren.

ı Allgemeinen ist die südliche Hemisphäre kühler als die nörd-ie sich schon daraus ergiebt, dass der grösste Theil des Gürtels, lb dessen die mittlere Jahrestemperatur über 20° R. ist, zum n Theil auf die nördliche Hemisphäre fällt (Tab. XVI). Auch die von S. 447 bis 452 bestätigt die eben ausgesprochene Behauptung. e geringere Wärme der südlichen Halbkugel mag ihren Grund orzugsweise darin haben, dass das Meer einen grossen Theil der berfläche treffenden Wärmestrahlen reflectirt, dass also überhaupt ıntität der auf der südlichen Erdhälfte absorbirten Wärmestrah-ht so gross ist wie auf der nördlichen, weit mehr Land enthalten-misphäre.

**bweichungen vom normalen Gange der Wärme.** Die 172 schen Schwankungen der Lufttemperatur treten nie rein auf, sie nen stets mehr oder weniger durch unregelmässige Veränderungen . Wir brauchen nur die thermometrischen Beobachtungsreihen eines Ortes mit Aufmerksamkeit zu verfolgen, um zu finden, wie eden der Gang der Wärme von einem Jahr zum anderen ist, wie nd die aus den Beobachtungen gezogene mittlere Temperatur Ionats in einzelnen Jahren von dem entsprechenden Mittel ande-re sowohl wie von dem allgemeinen Monatsmittel abweicht.

ove hat die nicht periodischen Aenderungen der Temperaturver-

theilung auf der Oberfläche der Erde einer genaueren Untersuchung terworfen und die Resultate seiner Forschungen in einer Reihe von sätzen niedergelegt, welche in den Jahrgängen von 1838 bis 1846 Abhandlungen der Berliner Akademie veröffentlicht wurden. Man f daselbst nicht allein die Resultate seiner mühevollen Studien, son auch eine Zusammenstellung des gesammten Beobachtungsmaterials, ches er zusammenbringen konnte, und welches die Basis seiner U suchungen bildet.

Ist einmal das allgemeine Mittel der Temperatur für i einen Monat an einem bestimmten Orte aus einer möglichst gr Reihe von Beobachtungsjahren bekannt, so kann man leicht erm um wie viel die mittlere Temperatur desselben Monats für ein best tes Jahr über oder unter dem entsprechenden allgemeinen Monats war. Wenn wir z. B. wissen, dass das allgemeine Monatsmittel fü December in Berlin 0,35°R. ist, dass aber die mittlere Temperatu ses Monats im Jahre 1829 daselbst nur — 6,93°R. betrug, so ist dass der December 1829 zu Berlin um 7,28°R. zu kalt war.

Solche Vergleichungen hat nun Dove in grosser Anzahl zusam gestellt. Die Tabellen auf Seite 476 u. 477 geben einen Auszug solchen Zusammenstellung für die Jahre 1829, 1834, 1857 u. 1859. Zahlen ohne Vorzeichen geben an, wieviel die mittlere Monatstem tur in den genannten Jahren über, die negativen, wieviel sie dem allgemeinen Monatsmittel des Ortes war.

Wir sehen aus dieser Tabelle, dass der December 1829 in E sehr kalt war. In Paris war die mittlere Temperatur dieses M um 5,67, in Berlin war sie sogar 7,28°R. unter dem allgemeine tel des Monats December. Diese Abweichung finden wir nun abe neswegs in gleicher Weise an den übrigen in der Tabelle zusamm stellten Orten. In Petersburg und Kasan war der December freilich auch noch zu kalt, aber nicht so viel wie in Paris und Be in Irkutzk dagegen finden wir schon einen merklichen Ueberschu mittleren Monatstemperatur; ebenso auf der Insel Island, wä dieser Ueberschuss in Nordamerika noch bedeutender ist und zu rietta 3,74°R. erreicht.

Aehnliche Verhältnisse, wenn auch nicht ganz so ausgezeichne den wir im Januar 1829.

Zu Paris herrschte während des ganzen Jahres 1829 eine n drige Temperatur; zu Berlin haben wir nur in den Monaten Jun September einen ganz unbedeutenden Ueberschuss an Wärme, wä an allen anderen auf der Tabelle verzeichneten Orten dieser Ueber in mehreren Monaten bald mehr oder weniger bedeutend ausfällt. mentlich zeigt Reykiavig in den Sommermonaten eine zu hohe peratur.

Für den Februar 1829 erstreckt sich die zu niedrige Temp über alle in unserer Tabelle verzeichneten Orte; der Unterschied

ıen Mittel der mittleren Februartemperatur ist aber keineswegs leich. In Marietta und in Petersburg war die Kälte am dsten, während in Reykiavig und in Irkutzk die negative ıng nur unbedeutend ist. Von Marietta nach Osten gehend ir eine Abnahme der negativen Abweichung; für England wei-e's Tabellen sogar eine, freilich unbedeutende positive Abwei-ıch. Noch weiter nach Osten zu wächst die negative Abwei-eder, um in Petersburg wieder ein Maximum von 4,07°R. zu und dann wieder bis Irkutzk abzunehmen, wo sie nur noch beträgt.

e Verhältnisse berechtigen uns wohl zu der Annahme, dass öst- Irkutzk hinaus im Februar 1829 eine positive Abweichung von alen Temperatur stattgefunden habe, dass im östlichen Asien, chen Nordamerika und dem zwischenliegenden Ocean der Fe-29 zu warm gewesen, und dass also hier der Gegensatz gegen edrige Temperatur zu suchen sei, welche zu jener Zeit im Osten rika, in Europa und im westlichen Theile von Asien herrschte. hlt es an Beobachtungen aus jener fast 180 Längengrade um- Gegend, welche unsere Vermuthungen bestätigen könnten.

n Gegensatz gegen 1829 bildet das Jahr 1834. Das westliche atte sich fast das ganze Jahr 1834 hindurch eines Ueberschus-Värme zu erfreuen, während wir auf der Tabelle für Island t durchgängig negative Vorzeichen sehen. Der Januar 1834 anzen westlichen Europa bedeutend über dem allgemeinen Mit-rend alle auf der Tabelle verzeichneten Orte mit Ausnahme von l Berlin zu viel Kälte hatten.

December 1831 war in Nordamerika sehr streng, in Europa mild, wie man aus folgender Zusammenstellung der Abweichun-lem entsprechenden Monatsmittel sicht:

| | |
|---|---|
| Fort Armstrong . . . . . . . . . | — 7,8 |
| Marietta . . . . . . . . . . | — 6,0 |
| Concord . . . . . . . . . . . . | — 5,5 |
| Philadelphia . . . . . . . . . | — 4,2 |
| Reykiavig . . . . . . . . . . | — 1,4 |
| Manchester . . . . . . . . . . . | + 2,48 |
| Paris . . . . . . . . . . . . | + 1,40 |
| Danzig . . . . . . . . . . . | + 0,38 |

ussland war dann der December 1831 wieder etwas zu kalt.

**ıchzeitige Witterungsverhältnisse verschiedener 173 ən.** Durch derartige Zusammenstellungen und Vergleichungen, ie im vorigen Paragraphen kennen lernten, hat Dove nach-

ass grössere Abweichungen vom normalen Gange der

| | Nordamerika. | | Island. | Europa. | | | Nordasien. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Marietta. | Concord. | Reykiavig. | Paris. | Berlin. | Petersburg. | Kasan. | Irkutzk. |
| **1829.** | | | | | | | | |
| Januar | 0,48 | — 0,71 | — 0,02 | — 3,03 | — 2,16 | — 0,94 | — 1,38 | 0,79 |
| Februar | — 4,28 | — 2,62 | — 0,14 | — 0,98 | — 2,84 | — 4,07 | — 0,71 | — 0,50 |
| März | — 2,69 | — 1,63 | — 0,37 | — 1,02 | — 1,55 | — 2,45 | — 0,68 | — 0,10 |
| April | — 1,70 | — 0,24 | 0,19 | — 0,50 | — 0,12 | — 1,75 | — 1,46 | — 0,94 |
| Mai | 1,34 | 1,00 | — 0,11 | — 0,22 | — 1,71 | 0,70 | 0,58 | — 0,92 |
| Juni | 0,87 | 0,18 | 0,56 | — 0,15 | 0,38 | — 0,23 | 0,05 | — 0,91 |
| Juli | — 0,57 | — 0,44 | 1,91 | — 0,53 | 0,00 | 1,93 | 1,37 | 0,19 |
| August | 0,12 | — 0,14 | 2,56 | — 0,98 | — 0,28 | — 0,55 | 0,22 | 0,03 |
| September | — 0,47 | — 2,87 | — 0,06 | — 1,10 | 0,27 | 1,55 | 1,26 | — 0,03 |
| October | 0,77 | — 0,38 | — 1,56 | — 1,30 | — 1,25 | — 1,21 | 0,46 | 1,05 |
| November | — 1,77 | 0,04 | — 0,20 | — 1,47 | — 2,34 | — 1,46 | — 0,26 | 1,65 |
| December | 3,74 | 3,02 | 1,24 | — 5,67 | — 7,28 | — 0,84 | — 2,89 | 1,74 |
| **1834.** | | | | | | | | |
| Januar | — 2,02 | — 1,47 | — 1,47 | 4,46 | 5,33 | — 2,40 | — 2,59 | — 0,48 |
| Februar | 3,30 | 1,55 | 0,05 | - 0,43 | 1,20 | 0,25 | — 4,65 | 1,94 |
| März | 0,03 | 0,59 | 0,16 | 0,41 | 0,81 | 1,81 | 3,57 | 1,49 |
| April | 0,47 | 0,87 | — 0,23 | — 1,43 | — 1,11 | — 0,14 | 1,74 | 1,45 |
| Mai | — 1,52 | — 1,63 | — 1,15 | 1,06 | 1,54 | 0,19 | — 0,05 | 1,42 |
| Juni | 0,23 | — 0,71 | — 1,79 | 0,50 | 0,99 | — 1,67 | 0,21 | 0,74 |
| Juli | 1,23 | 2,00 | — 1,11 | 0,82 | 3,26 | — 0,34 | — 2,00 | — 0,06 |
| August | 0,43 | — 0,63 | — 2,06 | 1,01 | 2,64 | 2,01 | 1,30 | — 0,15 |
| September | — 0,28 | 0,91 | — 1,30 | 1,67 | 1,17 | — 0,10 | — 0,07 | 0,89 |

| | Sitcha. | Marietta. | Concord. | Paris. | Berlin. | Petersburg. | Catherinenburg. | Nertschinsk. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1857. | | | | |
| Januar | — 1,18 | — 5,62 | — 3,38 | — 0,40 | — 0,17 | 0,58 | 1,79 | — 1,81 |
| Februar | — 1,55 | 3,72 | 3,63 | — 1,34 | 0,03 | 3,21 | — 3,91 | 0,33 |
| März | 0,65 | — 2,00 | 0,31 | — 0,77 | 0,33 | 3,23 | 0,86 | 0,92 |
| April | 1,50 | — 4,34 | — 0,19 | — 1,14 | — 0,09 | — 0,31 | — 1,72 | 1,25 |
| Mai | 0,95 | — 2,05 | 0,22 | 0,11 | — 0,10 | — 0,40 | — 1,72 | — 1,85 |
| Juni | 0,07 | 0,43 | — | — 0,14 | 0,75 | — 1,28 | — 1,65 | — 1,27 |
| Juli | — 0,33 | 0,75 | 0,92 | 0,12 | 0,76 | — 1,50 | — 0,24 | — 0,72 |
| August | 0,04 | 0,48 | — 0,02 | — 1,27 | 2,50 | 0,38 | 1,12 | — 0,17 |
| September | — 0,06 | 1,08 | 0,52 | 0,46 | 1,55 | — 1,52 | — 2,16 | 0,37 |
| October | 0,38 | — 0,02 | — 0,30 | — 0,26 | 2,36 | 1,39 | — 2,19 | 0,34 |
| November | 1,45 | — 0,92 | 1,38 | 0,54 | — 0,75 | 0,84 | — 2,19 | 0 |
| December | 1,57 | 3,23 | 2,34 | 0,37 | 2,52 | 4,07 | — 0,52 | 1,30 |
| | | | | 1859. | | | | |
| | | St. Louis. | Philadelphia. | | | | | |
| Januar | 0,56 | 0,68 | — 0,45 | 1,05 | 2,53 | 5,34 | — 0,12 | 0,87 |
| Februar | — 2,33 | 1,35 | 1,84 | 1,31 | 2,28 | 3,56 | 3,09 | — 0,79 |
| März | — 0,46 | 2,10 | 3,16 | 1,71 | 2,75 | 0,74 | 0,27 | 0,98 |
| April | 0,14 | — 1,99 | — 0,68 | 0,93 | — 0,75 | 1,15 | 4,54 | 2,43 |
| Mai | — 0,70 | 1,16 | 0,96 | 0,19 | 0,31 | 1,65 | — 0,59 | 1,08 |
| Juni | 0,29 | — 0,44 | — 0,38 | 0,82 | 1,13 | 1,75 | 2,21 | — 0,49 |
| Juli | — 0,35 | 0,52 | 0,00 | 3,39 | 2,21 | — 1,01 | — 0,22 | — 1,24 |
| August | — 0,72 | 0,06 | 0,59 | 1,68 | 2,31 | — 0,73 | — 1,60 | 0,06 |
| September | 0,10 | — 0,84 | 1,06 | 0,18 | — 0,05 | — 0,31 | — 0,65 | 0,13 |
| October | — 1,83 | — 0,44 | — 0,97 | 1,34 | 0,54 | — 0,63 | 1,81 | — 0,23 |
| November | — 4,22 | 2,10 | 1,55 | — 0,66 | 0,00 | 1,90 | 2,16 | 2,71 |
| December | 1,28 | — 4,00 | — 0,67 | — 1,75 | — 1,81 | 1,88 | 4,51 | — 1,52 |

Temperatur nicht local auftreten, sondern dass sie : gleichzeitig über grössere Strecken der Erdoberfläche breitet zeigen, dass dagegen

2) eine zu grosse Kälte oder zu grosse Wärme auch n gleichzeitig über die ganze Erde verbreitet ist, sondern jedes in irgend einer Gegend auftretende Extrem sein Ge gewicht in einer entgegengesetzten Abweichung an and Gegenden findet.

Es ist demnach höchst wahrscheinlich, dass stets dasselbe Qua Wärme auf der Erdoberfläche verbreitet ist, dass aber die Verth desselben ausser den periodischen Schwankungen auch nicht perio Aenderungen erleidet.

Was nun die Verbreitung gleichartiger Witterungsverhältnis trifft, so finden sie sich häufiger in der Richtung von Süd nach als von West nach Ost, so also, dass die entgegegensetzten Extreme in der Richtung von West nach Ost neben einander liegen, wofü mentlich die Temperaturverhältnisse der Jahre 1829 und 1834 Bei liefern. So steht die Witterung in Europa häufig im Gegensatz in Nordamerika und in Sibirien, während sie sich zu anderen mehr der des einen oder des anderen Nachbar anschliesst.

Vollständig werden diese Verhältnisse erst hervortreten, wen das Beobachtungsmaterial auch über den westlichen Theil von A und den östlichen von Asien erstrecken wird.

Ob wir einen kalten oder milden Winter haben, ob der So heiss oder gemässigt ist, das hängt davon ab, welche Windrichtun gere Zeit die herrschende ist. Wir werden weiter unten sehen, da der nördlichen Hemisphäre, locale Störungen abgerechnet, Nordos Südwest die herrschenden Winde sind, welche, neben einander he send, sich abwechselnd zu verdrängen suchen. Während die Lu ein breiter Südweststrom über bestimmte Länder und Meere vom A tor in höhere Breiten strömt, wird dagegen an anderen Stellen ei gegengesetzter Strom die Luft wieder dem Aequator zuführen. Nordost bringt uns aber, wie gleichfalls später nachgewiesen w soll, kalte Winter und heisse Sommer, der Südwest hingegen milde ter und kühle Sommer.

Ob also der Winter irgend eines Jahres in einer bestimmte gend strenger oder milder ist als gewöhnlich, wird demnach davo hängen, ob diese Gegend zu jener Zeit in den Südwest- oder ob den Nordoststrom aufgenommen ist, und ebenso sind die Abweichu im Sommer von der gerade herrschenden Windrichtung abhängig.

Da nun aber dieselbe Windrichtung nicht gleichzeitig übe ganze Hemisphäre herrschen kann, sondern Ströme entgegenges Richtung neben einander herlaufen müssen, so ergiebt sich aus eine nothwendige Folge dieses Verhältnisses, dass gleichnamige Ab chungen vom normalen Gange der Wärme ebenfalls nicht über die g

misphäre verbreitet sein können, sondern dass man auf demselben eitengrade abwechselnd positive und negative Abweichungen finden . Herrscht z. B. im Januar in Europa der Südweststrom vor, so rd daselbst eine für diese Zeit ungewöhnlich milde Witterung herr-, während dann in denjenigen Orten, auf welchen gleichzeitig der rdost weht, der negative Gegensatz auftritt.

Manchmal, wenn auch nicht häufig, hält eine Abweichung nach glei- Sinne längere Zeit an. So finden wir zu Paris das ganze Jahr 29 zu kalt, und zu Berlin erheben sich nur die Monate Juni und tember unbedeutend über das Mittel. Ein noch auffallenderes Bei- der Art bietet die im westlichen Europa vom Juni 1815 bis zum cember 1816 fortdauernde Kälte, welche die traurige Missernte von 16 zur Folge hatte. Gleichzeitig erfreute sich Osteuropa einer milden peratur.

Der bedeutenden Getreideausfuhr Odessas von 1815 bis 1817 ver-kt dieser Ort sein Aufblühen als Handelsstadt.

Das Jahr 1834 zeigt dagegen für das westliche Europa vorherr-nd positive Differenzen. Ebenso die Jahre 1811, 1822 u. s. w., che als vorzügliche Weinjahre bekannt sind.

Es ist eine ganz irrige Annahme, dass stets auf einen kalten Win- ein heisser Sommer folge. Guten Weinjahren geht im Gegentheile st ein milder Winter oder Frühling vorher. So war es wenigstens 11, 1819, 1822 und 1834.

Uebersieht man die in diesem und dem vorigen Paragraphen mit-heilten Thatsachen und Gesetze, so ergiebt sich aus ihnen der Schluss, s anomale Witterungsverhältnisse nicht kosmischen, son-rn nur tellurischen Ursprungs sind.

Ein sehr anschauliches Bild der Wärmevertheilung in Europa im e einiger ungewöhnlicher Winter hat Dove durch die Construction thermischen Isametralen (Berlin 1864) gegeben, wie er die Li- gleicher Abweichung vom normalen Monatsmittel bezeichnet.

Von den sechs Karten mit Isametralen, welche Dove veröffentlicht , mögen hier die verkleinerten Copien einiger der interessantesten en.

Fig. 1 Tab. 15 stellt die gleichzeitigen Abweichungen vom nor- Monatsmittel für den December 1829 dar. Zu niedrige Tem-ratur ist durch ausgezogene, zu hohe ist durch punktirte Linien be-hnet. In ganz Centraleuropa war es zu kalt, das Maximum der weichung vom normalen Monatsmittel mit — 9° fällt aber auf die ie von Breslau nach Krakau. In Wien, Amsterdam und Wilna war um 6° zu kalt. In Sicilien und Drontheim herrschte die normale peratur, im nördlichen Norwegen und in Lappland dagegen war es s zu warm.

Der Februar 1845 war in ganz Europa zu kalt, wie man aus Fi-

gur 2 Tab. 15 sieht, das Maximum der Kälte aber mit 7 Grad un dem Mittel fiel nach Wilna.

Der November 1851, Fig. 1 Tab. 16, war im westlichen Eur zu kalt, im östlichen zu warm.

Fig. 2 Tab. 16 stellt die thermischen Isametralen Europas und westlichen Asiens für den Januar 1848 dar.

174 **Veränderlichkeit monatlicher Mittel.** Von den klima schen Verhältnissen einer Gegend geben die allgemeinen Monatsmi noch kein vollständiges Bild. Man erhält dies erst, wenn man den G der Veränderlichkeit der Witterungsverhältnisse kennt, wenn weiss, wie weit sich die monatlichen Mittel einzelner Jahre von d entsprechenden allgemeinen Mittel entfernen können. Auch auf die Punkt hat Dove seine Aufmerksamkeit gerichtet. Er bestimmte eine grosse Anzahl von Orten die absolute Veränderlichkeit, u welcher er den grössten Spielraum versteht, innerhalb dessen die m lere Temperatur der einzelnen Monate während einer möglichst gro Reihe von Beobachtungsjahren schwankte. So ist z. B. die niedrig mittlere Januartemperatur, welche seit 1719 im Laufe von 138 Jah zu Berlin beobachtet wurde, die von 1823, welche — 9,36° R., die höd aber die von 1796, welche + 4,92° R. betrug; die absolute Veränd lichkeit des Januar für Berlin ist demnach 14,28° R. Nach dieser läuterung ist die auf den Seiten 482 bis 485 stehende Tabelle gröss Abweichungen monatlicher und jährlicher Mittel verständl welche ein Auszug der von Dove gegebenen ist.

Die zweite Verticalreihe giebt die Anzahl der Beobachtungsja während welcher die folgenden Differenzen vorkamen.

Aus der näheren Ansicht dieser Tabelle geht unmittelbar herv

1) Dass die absolute Veränderlichkeit der Temperatur zwischen Tropen am geringsten, dass sie aber in den Gegenden der Mons (Ostindien) bedeutender ist als in der Region der Passate.

2) In der gemässigten Zone, besonders an Orten eines noch überwiegenden Seeklimas, wächst die absolute Veränderlichkeit mit Annäherung an die kalte Zone, wie sich am deutlichsten durch die V gleichung von Italien, den Alpen, Deutschland und Nordeuropa ergiebt.

3) Die Nähe bedeutender Gebirge scheint besonders die Verä lichkeit während der Sommermonate zu steigern, wie sich nament aus der Vergleichung der entsprechenden Zahlen für die Alpen und Deutschland ergiebt.

4) Im Seeklima ist die Veränderlichkeit gering. Entfernt man von den Küsten in das Innere der Continente, so nimmt die Verä lichkeit anfangs zu, dann wieder ab. So ist die Veränderlichkei England kleiner als an den benachbarten Küsten des Continents, hier wieder kleiner als im inneren Deutschland. Im nördlichen A ist die Veränderlichkeit wieder weit geringer als in Deutschland.

für den gegebenen Monat vorgekommenen Abweichungen ohne Berücksichtigung des Zeichens derselben. Nach Dove's Berechnungen ist die mittlere Veränderlichkeit für

| | Jan. | Febr. | März. | April. | Mai. | Juni. | Juli. | August. | Sept. | Octobr. | Novbr. | Decbr. | Mittel. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sibirien und Ural . . | 2,41 | 2,10 | 1,79 | 1,57 | 1,35 | 1,04 | 0,94 | 1,03 | 1,07 | 1,44 | 1,75 | 2,50 | 1,58 |
| Nordöstliches Europa | 2,54 | 2,27 | 1,70 | 1,31 | 1,39 | 1,03 | 1,19 | 1,12 | 0,87 | 1,18 | 1,53 | 2,34 | 1,47 |
| Baltische Länder . . | 1,70 | 1,68 | 1,39 | 0,99 | 0,97 | 0,86 | 1,06 | 1,05 | 0,70 | 0,99 | 1,18 | 1,61 | 1,18 |
| Inneres Russland . . | 2,50 | 2,10 | 1,74 | 1,41 | 1,13 | 1,21 | 1,29 | 1,31 | 1,20 | 1,17 | 1,51 | 2,80 | 1,61 |
| Nördl. Deutschland . | 2,16 | 2,03 | 1,58 | 1,28 | 1,16 | 0,91 | 1,04 | 1,08 | 0,87 | 1,07 | 1,32 | 2,11 | 1,38 |
| Südl. Deutschland . . | 2,09 | 1,65 | 1,37 | 1,35 | 1,21 | 0,97 | 1,02 | 1,05 | 0,93 | 1,03 | 1,29 | 1,82 | 1,32 |
| Westeuropa . . . . . | 1,81 | 1,46 | 1,25 | 1,05 | 1,08 | 0,94 | 0,91 | 0,92 | 0,86 | 0,90 | 1,12 | 1,52 | 1,15 |
| Schweiz . . . . . . . | 1,67 | 1,45 | 1,32 | 1,11 | 1,04 | 0,96 | 0,90 | 0,97 | 0,90 | 0,89 | 1,22 | 1,62 | 1,17 |
| Italien . . . . . . . | 1,09 | 0,99 | 0,90 | 0,98 | 1,09 | 0,88 | 0,81 | 0,72 | 0,81 | 0,89 | 0,99 | 1,15 | 0,95 |
| England . . . . . . | 1,17 | 1,07 | 0,86 | 0,81 | 0,84 | 0,79 | 0,76 | 0,74 | 0,71 | 0,88 | 0,90 | 1,15 | 0,99 |
| Oestliches Amerika . | 1,41 | 1,51 | 1,20 | 0,88 | 0,88 | 0,76 | 0,72 | 0,74 | 0,79 | 0,86 | 1,09 | 1,41 | 1,02 |
| Inneres Amerika . . . | 1,86 | 2,10 | 1,66 | 1,46 | 1,13 | 0,94 | 0,93 | 0,90 | 1,04 | 1,21 | 1,42 | 1,71 | 1,36 |
| Westamerika . . . . | 1,75 | 1,56 | 1,15 | 0,57 | 0,63 | 0,58 | 0,69 | 0,63 | 0,51 | 0,65 | 1,52 | 1,53 | 0,98 |
| Polarländer . . . . . | 1,54 | 1,27 | 1,80 | 1,17 | 1,08 | 0,92 | 1,36 | 1,18 | 0,95 | 1,26 | 1,24 | 1,56 | 1,27 |

**Tabelle grösster Ab**

| | | Januar. | Februar. | März. | April |
|---|---|---|---|---|---|
| **Die Tropen.** | | | | | |
| Calcutta . . . | 8 | 5,23 | 4,62 | 3,64 | 3,22 |
| Madras . . . . | 21 | 3,42 | 3,24 | 4,98 | 7,47 |
| Rio Janeiro . | 7 | 2,66 | 1,55 | 1,83 | 1,27 |
| Havanna . . . | 7 | 3,40 | 4,20 | 2,28 | 2,24 |
| **Italien.** | | | | | |
| Palermo . . . | 39 | 5,93 | 5,66 | 3,78 | 4,75 |
| Rom . . . . . | 20 | 3,98 | 5,34 | 2,42 | 3,54 |
| Nizza . . . . | 20 | 4,50 | 4,04 | 5,70 | 5,25 |
| Mailand . . . | 72 | 8,20 | 9,00 | 6,50 | 5,50 |
| Mittel . . | | 5,47 | 5,38 | 5,32 | 4,67 |
| **Alpen.** | | | | | |
| St. Bernhard . | 21 | 8,26 | 6,64 | 7,41 | 4,13 |
| Genf . . . . . | 42 | 9,79 | 6,30 | 6,08 | 5,92 |
| Insbruck . . . | 52 | 11,52 | 10,43 | 9,26 | 8,32 |
| München . . . | 34 | 10,50 | 6,78 | 7,96 | 6,51 |
| Mittel . . | | 8,89 | 7,09 | 6,66 | 6,45 |
| **Inneres Deutschland.** | | | | | |
| Carlsruhe . . | 40 | 9,38 | 8,35 | 8,76 | 6,66 |
| Stuttgart . . . | 43 | 14,09 | 9,08 | 6,28 | 8,27 |
| Prag . . . . . | 15 | 10,54 | 9,17 | 6,33 | 4,27 |
| Dresden . . . | 10 | 8,98 | 6,49 | 6,34 | 4,23 |
| Berlin . . . . | 138 | 14,28 | 10,45 | 10,12 | 8,41 |
| Mittel . . | | 9,44 | 7,83 | 5,97 | 4,74 |
| **Küsten des Continents.** | | | | | |
| Paris . . . . | 33 | 9,54 | 7,94 | 5,87 | 5,02 |
| Harlem . . | 17 | 5,92 | 5,94 | 4,05 | 3,29 |
| Elberfeld . . | 12 | 5,88 | 4,36 | 3,27 | 2,76 |
| Hamburg . . . | 18 | 9,30 | 8,05 | 6,16 | 5,40 |
| Danzig . . . . | 24 | 9,07 | 6,96 | 6,15 | 5,35 |
| Mittel . . | | 8,66 | 6,80 | 5,74 | 4,93 |

**…cher und jährlicher Mittel.**

| Juli. | August. | Septbr. | Octbr. | Novbr. | Decbr. | Jahr. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Die Tropen.** | | | | | | |
| 1,42 | 0,76 | 1,66 | 1,23 | 1,67 | 1,91 | |
| 3,29 | 2,53 | 2,44 | 1,73 | 2,76 | 2,27 | 1,98 |
| 1,24 | 2,66 | 2,40 | 1,17 | 1,88 | 1,29 | |
| 2,40 | 2,02 | 2,04 | 1,94 | 1,98 | 1,41 | 1,41 |
| **Italien.** | | | | | | |
| 3,82 | 3,24 | 4,71 | 3,54 | 3,93 | 5,07 | 1,76 |
| 3,50 | 3,88 | 4,56 | 3,34 | 4,11 | 4,44 | 2,01 |
| 3,90 | 4,45 | 3,75 | 4,35 | 4,25 | 4,45 | 3,55 |
| 4,60 | 5,28 | 6,89 | 5,20 | 5,20 | 6,80 | 2,78 |
| 3,68 | 4,45 | 4,26 | 4,25 | 4,77 | 5,29 | 2,21 |
| **Alpen.** | | | | | | |
| 6,21 | 3,54 | 5,65 | 5,02 | 8,17 | 6,29 | 2,29 |
| 5,06 | 5,14 | 4,27 | 5,09 | 6,37 | 7,53 | 2,24 |
| 6,46 | 8,93 | 6,13 | 7,46 | 8,47 | 13,03 | 4,45 |
| 5,22 | 6,49 | 5,79 | 4,47 | 5,23 | 9,17 | 2,57 |
| 4,99 | 5,36 | 4,65 | 5,10 | 5,99 | 9,10 | 2,59 |
| **Inneres Deutschland.** | | | | | | |
| 4,95 | 5,31 | 4,77 | 6,63 | 6,62 | 9,68 | 2,25 |
| 5,31 | 6,23 | 4,72 | 6,94 | 5,10 | 10,76 | 3,02 |
| 3,67 | 5,70 | 3,11 | 3,81 | 6,01 | 11,87 | 3,30 |
| 5,14 | 5,14 | 2,82 | 3,57 | 4,30 | 8,28 | 3,09 |
| 7,18 | 6,98 | 5,21 | 6,89 | 8,49 | 13,47 | |
| 4,71 | 5,01 | 3,41 | 4,45 | 5,23 | 9,72 | 2,57 |
| **Küsten des Continents.** | | | | | | |
| 4,00 | 4,70 | 3,86 | 4,88 | 5,40 | 9,70 | 2,35 |
| 3,84 | 3,97 | 2,64 | 4,20 | 4,41 | 8,72 | 2,65 |
| 3,78 | 4.75 | 3,97 | 3,54 | 4,84 | 0,53 | 2,12 |
| 5,05 | 5,28 | 3,15 | 6,00 | 4,56 | 8,32 | 2,46 |
| 4.19 | 6,14 | 4,26 | 3,81 | 5,55 | 9,14 | 3,58 |
| 4,54 | 5,30 | 3,79 | 4,56 | 5,48 | 9,11 | 2,69 |

**Tabelle grösster Abwe**

| | | Januar. | Februar. | März. | April. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **England.** | | | |
| London . . . | 52 | 9,47 | 5,91 | 5,73 | 4,86 |
| Manchester . . | 25 | 8,76 | 5,42 | 3,81 | 5,55 |
| Dublin . . . . | 17 | 6,68 | 5,01 | 5,71 | 4,62 |
| Edinburgh . . | 11 | 4,15 | 3,45 | 4,13 | 3,48 |
| Mittel . . | | 5,88 | 4,86 | 4,14 | 3,97 |
| | | **Nordeuropa und Nordasien.** | | | |
| Stockholm . . | 16 | 10,59 | 9,10 | 7,15 | 6,36 |
| Upsala . . . . | 40 | 13,13 | 11,26 | 11,22 | 7,64 |
| Torneo . . . . | 31 | 11,66 | 14,67 | 9,93 | 8,00 |
| Petersburg . . | 14 | 7,37 | 9,32 | 8,19 | 6,38 |
| Kasan . . . . | 8 | 5,87 | 8,35 | 5,36 | 3,32 |
| Irkutzk . . . | 10 | 4,47 | 4,66 | 4,76 | 2,12 |
| Mittel . . | | 10,51 | 10,29 | 8,17 | 6,96 |
| | | **Nordamerika.** | | | |
| Salem . . . . | 43 | 6,63 | 7,60 | 4,84 | 4,69 |
| Marietta . . . | 10 | 6,98 | 8,45 | 5,36 | 6,34 |
| Montreal . . . | 10 | 3,28 | 6,00 | 4,00 | 5,68 |
| Mittel . . | | 5,98 | 6,53 | 4,76 | 4,96 |

**lcher und jährlicher Mittel.**

| Juli. | August. | Septbr. | Octbr. | Novbr. | Decbr. | Jahr. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **England.** | | | |
| **4,76** | 4,58 | 4,25 | 4,84 | 4,80 | 7,39 | 3,02 |
| **5,34** | 3,15 | 4,18 | 4,31 | 5,33 | 5,19 | 2,27 |
| **3,15** | 3,95 | 3,73 | 4,26 | 4,99 | 4,74 | 3,04 |
| **2,41** | 3,69 | 2,94 | 2,00 | 3,83 | 3,51 | 1,42 |
| **3,51** | 3,63 | 3,63 | 4,20 | 4,40 | 5,04 | 2,18 |
| | | | **Nordeuropa und Nordasien.** | | | |
| **5,57** | 5,62 | 4,10 | 5,48 | 5,65 | 10,06 | 3,30 |
| **5,51** | 4,78 | 4,78 | 7,44 | 8,56 | 11,03 | 3,10 |
| **7,22** | 7,70 | 9,20 | 8,20 | 8,48 | 12,58 | 0,96 |
| **5,41** | 4,83 | 3,62 | 3,60 | 5,46 | 9,22 | 3,17 |
| **3,37** | 4,78 | 2,38 | 4,50 | 7,06 | 10,47 | |
| **2,68** | 1,72 | 1,25 | 1,91 | 3,22 | 5,02 | |
| **5,54** | 5,82 | 5,35 | 6,76 | 7,43 | 9,66 | 2,64 |
| | | | **Nordamerika.** | | | |
| **4,85** | 4,41 | 3,92 | 5,55 | 4,68 | 9,28 | 2,69 |
| **3,22** | 3,56 | 4,46 | 5,98 | 5,74 | 10,25 | 2,31 |
| **2,72** | 3,92 | 2,88 | 3,76 | 5,76 | 8,56 | 2,48 |
| **3,88** | 3,93 | 3,56 | 4,27 | 4,74 | 8,15 | 2,58 |

175 **Seculare Variationen des Klimas.** Die Frage, ob in his rischen Zeiten das Klima verschiedener Länder eine merkliche Ae rung erlitten habe oder nicht, könnte nur dann mit Sicherheit be wortet werden, wenn uns genaue meteorologische Beobachtungen we stens aus mehreren Jahrhunderten vorlägen. Bekanntlich aber ist Erfindung des Thermometers selbst noch ziemlich neuen Datums erst gegen Ende des vorigen Jahrhunderts hat man angefangen, re mässig fortgesetzte Beobachtungen über den Gang der Lufttemperatu machen.

Glaisher glaubt aus den in England gemachten Beobachtu eine allmälige Erhöhung der mittleren Jahrestemperatur in Eng nachweisen zu können. Er fand nämlich von

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1770 bis 1800 | die mittlere | Temperatur | gleich | 8,72° |
| 1800 „ 1829 | „ „ | „ | „ | 9,17 |
| 1830 „ 1860 | „ „ | „ | „ | 9,44 |

Nach Dove weicht die aus der Periode von 1848 bis 1865 ab tete mittlere Jahrestemperatur für Berlin nur um $^1/_{100}$ Grad von aus 137 Jahren abgeleiteten Mittel ab.

Nach Loomis ist die mittlere Temperatur von New-Haven, w sich aus den Jahren 1778 bis 1820 ergiebt, gleich 7,60, für die Zei 1820 bis 1865 aber nur 7,52 Grad.

Solche Resultate sind jedoch keineswegs sehr zuverlässig, wei nicht nachweisen lässt, ob die in verschiedenen Perioden angewa Instrumente genau mit einander übereinstimmen, ob nicht eine veränderte Aufstellung stattgefunden habe u. s. w.

Will man das Problem einer etwaigen Veränderung des K mehrere Jahrhunderte weit zurückverfolgen, so bleibt nichts übri nach etwaigen Veränderungen der Flora und der Fauna zu forsche

Aus der Thatsache, dass in Palästina heute noch Weinstock Dattelpalme neben einander cultivirt werden, wie in biblischen Z schliesst Arago, dass sich das Klima jenes Landes seit 3300 J nicht merklich geändert habe. Das Gleiche hält Arago auch für A ten, Griechenland und Rom und Biot hält es auch für China für scheinlich, während manche andere Länder Veränderungen zeigen, w auf eine Abnahme der mittleren Temperatur deuten.

So ist es z. B. eine Thatsache, dass in manchen Gegenden F reichs und Deutschlands vor Jahrhunderten Wein gebaut wurde, in chen diese Cultur gegenwärtig eingegangen ist. Einen sicheren S auf Verschlechterung des Klimas kann man daraus aber nicht zi denn das Aufgeben des Weinbaues an Orten, welche für denselben ger geeignet sind und welche nur sehr geringe Weine lieferten, auch daher rühren, dass man gegenwärtig bei den so sehr verbess Verkehrsverhältnissen mit weniger Kosten guten Wein beziehen, schlechten bauen kann.

In den Alpen scheinen vielfache Thatsachen auf eine Verschlechte-
g des Klimas hinzudeuten. Es ist eine Thatsache, dass in früheren
rhunderten viele Alpengletscher weniger ausgedehnt waren als
nwärtig. In der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts wurden Kin-
aus dem Wallis nach Grindelwald zur Taufe auf einem Wege ge-
en, welcher jetzt völlig vereist ist. Eine Capelle, welche noch auf
hopf's Karte von 1570 verzeichnet ist, wurde wahrscheinlich zu An-
g des 17. Jahrhunderts durch den Gletscher zerstört. Eine ihr ent-
nmende Glocke mit der Jahreszahl 1044 wird noch zu Grindelwald
igt.

Zu Gutannen im Haslithal wurde früher Hanf gebaut, eine Cultur,
che gegenwärtig wegen zu frühen Schneefalles nicht mehr möglich ist.
Sonst bezog man die Engstlenalp mit den Kühen schon am 21. Juni,
rend dies seit dem Ende des 18. Jahrhunderts erst 8 bis 10 Tage
ter geschieht. Die Rückkehr findet um einige Tage früher statt als sonst.

Es ist eine leider unzweifelhafte Thatsache, dass die obere Gränze
Waldes gegenwärtig um mehrere hundert Fuss niedriger ist als frü-
Hoch über der jetzigen Waldgränze findet man noch Reste alter
lder, abgestorbene Stämme, mächtige Wurzeln und Holzreste als Zeu-
einer früher hier bestandenen kräftigen Vegetation.

Aus dem Vordringen der Gletscher lässt sich übrigens noch kein
erer Schluss auf eine Erniedrigung der mittleren Temperatur ziehen,
lie Lage des unteren Gletscherrandes von gar vielen zusammenwirken-
Ursachen abhängt, die sich meist einer eingehenderen Untersuchung
iehen. Ist es doch eine Thatsache, dass in den Alpen einige Glet-
r vordringen, während andere gleichzeitig im Rückgang begriffen
l. Seit einigen Jahren sind die Gletscher des Berner Oberlandes,
entlich die Grindelwald- und der Rosenlaui-Gletscher sehr merklich
kgegangen, ohne dass die mittlere Jahrestemperatur eine merkliche
hung erfahren hätte.

Ebenso wenig kann man aus dem Herabsteigen der oberen Wald-
e einen sicheren Schluss auf eine Erniedrigung der mittleren Jah-
mperatur ziehen. Als unmittelbare Ursache dieser bedauernswer-
Thatsache muss man vielmehr den Umstand hervorheben, dass die
nbewohner bis jetzt so gut wie gar keine Sorgfalt auf die Erhaltung
r Wälder verwendeten, dass sie im Gegentheil möglichst bemüht
l, ihre Weiden zu vergrössern. Da nun die Weideplätze meist ober-
b der Wälder liegen, so werden diese zunächst an ihrer oberen
nze angegriffen, und es bleiben nur einzelne Bäume, die Wetter-
nen, zum Schutze des Viehes stehen. Die Füsse des Rindviehs und
Zähne der Ziegen und Schafe lassen aber keinen jungen Wald mehr
kommen. Dazu kommt noch, dass einzelne Waldstrecken absichtlich
r durch Zufall abgebrannt werden und dass Lauinen und Stürme
liche Verheerungen in den ohnehin gelichteten Wäldern anrichten,
e dass für Nachpflanzung gesorgt wird.

Das Aussterben der höher gelegenen Alpenwälder hat aber eine Verkümmerung der übrigen Vegetation zur Folge, indem sie ger gegen Winde geschützt ist und Regengüsse den fruchtbaren l nun ungehinderter wegschwemmen können.

Als Beweis für die Abnahme der mittleren Jahrestemperatu man angeführt, dass die Cultur des Oelbaums früher an den Ufe Genfer Sees heimisch gewesen sei, während sie jetzt daselbst nicht möglich ist. In einer Abhandlung, welche im 10. Bande des *Bull la société vaudoise des sciences naturelles* unter dem Titel *Notes problème de la variation du climat* erschien und in welcher der in Paragraphen besprochene Gegenstand unter Angabe der Quelle führlich besprochen wird, hat aber Dufour nachgewiesen, dass h Irrthum vorliegt. Die Früchte einzelner in Gärten als Curiositä gener Oelbäume kamen nie zur vollen Reife.

Als Beweis für die früher am Genfer See betriebene Cultur d baums wird angeführt, dass sich in den Archiven von St. Saphc Notiz finde, dass dereinst eine Abgabe in Oel geleistet worden se ches von in der Umgebung gezogenen Oelbäumen gewonnen word Dufour weist aber nach, dass in alten Urkunden allerdings die rung gewisser Quantitäten Oel erwähnt wird; von Olivenöl ist al gend die Rede, wohl aber wird öfters Nussöl genannt.

In der genannten Abhandlung giebt Dufour von 1480 an, es ausfindig zu machen war, das Datum der Weinlese zu Lausan einigen anderen Orten in der Umgebung des Genfer Sees. Die Lese (17. und 16. September) fand in den Jahren 1503 und 18 späteste (am 12. November) in den Jahren 1698 und 1816 St der letzten Hälfte des 17. und in den ersten zwei Dritteln des 1 hunderts war die Weinlese durchschnittlich um ungefähr 12 Tag als im 16. und in der Hälfte des 17. Jahrhunderts. In der Hälfte des 18. Jahrhunderts wurde die Lese wieder frühzeitiger, denn auch in dem gegenwärtigen Jahrhundert durchgängig fri als in den ersten 60 Jahren des vorigen, ohne jedoch so früh z wie im 16. Jahrhundert.

Die Variationen der Zeit der Weinlese sind übrigens nic durch meteorologische Verhältnisse, sondern auch durch die C durch die gepflanzten Traubensorten u. s. w. bedingt. Jedenfa die Variationen der Lesezeit nicht der Art, dass man daraus mit heit auf eine Veränderung des Klimas schliessen könnte.

Bei den klimatischen Veränderungen eines Landes spielt nicht allein die Wärme, sondern auch die atmosphärische tigkeit eine wesentliche Rolle, und verschiedene Thatsachen deu auf hin, dass in historischen Zeiten die Feuchtigkeit in Europa abgenommen hat.

In nördlicheren Gegenden ist ein allmäliges Aussterben Pflanzen zweifellos nachgewiesen. So ist die Rothtanne, Pinu

Irland, wo sie sonst schöne Wälder bildete, vollständig ausgestorben. Island fanden sich früher Birkenwälder, von welchen jetzt nichts hr zu sehen ist. Auch auf den shetländischen Inseln gab es früher ken; jetzt sind sie daselbst völlig verschwunden.

In Lappland findet man abgestorbene Birkenwälder, welche ihre sen Stämme und Aeste wie Skelette in die Luft strecken.

An der Ostküste von Grönland bestand noch im Jahre 1406 eine onie von 190 Dörfern, welche seitdem, durch Eis von allem Verkehr eschnitten, zu Grunde gegangen ist. Erst 1822 fand Scoresby die te wieder eisfrei und sah die menschenleeren Wohnungen mit Jagd- Hausgeräthe.

## Abnahme der Temperatur in höheren Luftregionen. 176

Erwärmung der Luft rührt einerseits daher, dass sie einen Theil sie durchdringenden Sonnenstrahlen absorbirt, andererseits daher, s sie mit dem durch die Sonnenstrahlen erwärmten Boden in Berüh- g ist. Die letztere Wärmequelle ist weitaus die bedeutendste.

Die durch Berührung mit dem Boden erwärmte Luft wird eben ch die Erwärmung ausgedehnt, ihr specifisches Gewicht nimmt ab l deshalb steigt sie in die Höhe, die vom Boden erhaltene Wärme mit führend. Allein diese Wärme macht sich in den höheren Luft- ionen keineswegs durch eine bedeutende Temperaturerhöhung geltend; n beim Aufsteigen nimmt die Dichtigkeit der Luft fortwährend ab l die Abnahme der Dichtigkeit ist in Folge der bei der Ausdehnung sisteten Arbeit von einer fortwährenden Wärmebindung begleitet. aus folgt nun, dass die höheren Luftschichten kälter sein müssen die tieferen.

Dass eine solche Abnahme der Temperatur in den höheren Luft- ionen wirklich stattfindet, davon überzeugt man sich, wenn man diesen höheren Regionen aufsteigt, mag man sich nun in einem ballon erheben oder den Gipfel hoher Berge besteigen.

Die Abnahme der Temperatur bei verticaler Erhebung kann nicht ht ein regelmässiges Gesetz befolgen, weil die beständigen Luftströ- ngen, Wolken-, Nebelschichten u. s. w. einen mehr oder weniger renden Einfluss ausüben.

Gay-Lussac stieg im Jahre 1804 in einem Luftballon bis zur he von 21000 Fuss; während das Thermometer am Boden 24,8° R. gte, beobachtete er in jener Höhe die Temperatur von — 7,6° R., also e Temperaturdifferenz von mehr als 32 Graden. Barral und Bixio, lche am 27. Juli 1850 ungefähr zu gleicher Höhe aufstiegen, ge- gten in einer Höhe von 6000 Fuss in eine Nebelschicht, deren obere nze erst erreicht wurde, nachdem sie sich bis zu einer Höhe von 000 Fuss über dem Boden erhoben hatten. Nahe an der oberen nze dieser Nebelschicht zeigte das Thermometer noch — 8° R., sank

aber unmittelbar über derselben auf — 18,4° R. In einer Höhe v
21 000 Fuss zeigte das Thermometer nur noch — 32° R.

Tab. 17 giebt eine vergleichende Uebersicht der thermisch
Beobachtungen, welche bei drei der im Jahre 1852 in Engl
unternommenen wissenschaftlichen Luftschifffahrten angest
worden sind. Die Zahlen auf der rechten und auf der linken S
der Figur geben die nach Pariser Fussen gemessenen Höhen;
Zahlen, welche auf den schraffirten Streifen stehen, geben die an
entsprechenden Stellen beobachteten Temperaturen in Réaumur'sc
Graden an. So sehen wir z. B., dass bei der Luftfahrt vom 17. Au
in einer Höhe von 11 000 Fuss die Temperatur von + 2° R., bei
Luftfahrt vom 10. November aber dieselbe Temperatur in einer H
von 4000 Pariser Fuss beobachtet wurde.

Der besseren Uebersicht wegen sind die Luftschichten, innerh
deren die Temperatur über 10°, zwischen 10 und 0°, zwischen 0 u
— 10° und unter — 10° betrug, durch verschiedene Schraffirung
terschieden.

Auf hohen Bergen zeigt schon die Veränderung der Vegetation
Abnahme der Temperatur an: je höher man steigt, desto mehr nim
die Vegetation den Charakter kälterer Himmelsstriche an; am auf
lendsten zeigt sich dieser Wechsel in den Tropen; besonders grossa
erscheint er aber an den ungeheuren Gebirgen Südamerikas, wo
in einem Tage aus den Wäldern von Palmen und Bananen bis zu
Gränzen des ewigen Schnees aufsteigen kann.

So finden wir denn auch manche Alpenpflanzen im höchsten N
den Europas wieder, wie z. B. *Drias octopetala*, welche auf Nowaja Se
ihre lieblichen Blüthen eben so schön entwickelt, wie auf den dufti
Alpenmatten.

Wie in der Andeskette und den mexicanischen Gebirgen die m
lere Temperatur mit der Höhe über der Meeresfläche abnimmt, d
sieht man aus folgender von Humboldt gegebenen Tabelle.

| Höhe über der Meeresfläche in Pariser Fussen. | Mittlere Temperatur. | |
|---|---|---|
| | Cordilleras de los Andes. | Mexicanische Gebirge. |
| 0 | 22° R. | 20,8° R. |
| 3000 | 17,6 | 15,8 |
| 6000 | 14,4 | 14,4 |
| 9000 | 11,3 | 11,0 |
| 12000 | 5,6 | 6,0 |
| 15000 | 1,2 | 0,8 |

Da sich in der heissen Zone die Temperatur der Luft im Laufe Jahres nur wenig ändert, so kann man sich von der Temperatur rschiedenen Höhen der Andeskette die beste Vorstellung machen, man sie mit der mittleren Temperatur gewisser Monate in höhe-breiten vergleicht. So findet man in den Ebenen des Orinoco täg-ine Temperatur, welche noch um 4° R. höher ist als die mittlere eratur des Monats August in Palermo; zu Popayen, 5400 Fuss dem Meere, findet man die Temperatur der drei Sommermonate in ille; zu Quito die Temperatur von Paris während der letzten Hälfte lai, in den Paramos (11000 Fuss) die Temperatur von Paris wäh-der ersten Hälfte des April.

Man kann sich an den Abhang grosser Gebirgsmassen isothermische n gelegt denken, welche mehr oder weniger als horizontale Curven einen werden. So zieht sich um den Fuss der Andeskette eine Iso-e von 22°. Da wo eine 6000 Fuss hohe Ebene in die Masse der kette einschneidet, befindet sich ungefähr die Isotherme von L u. s. w.

Die Isotherme von 0° wird an der Andeskette durch eine Reihe inander getrennter in sich geschlossener Curven, welche um die n Schneekuppen herumziehen, repräsentirt sein.

So folgen sich denn hier in verticaler Richtung in ganz kurzen nungen von einander die Isothermen in gleicher Ordnung, wie ie durchschneidet, wenn man von dem Aequator bis in die Polar-den wandert.

Wie die Isothermen in den Alpen über einander liegen, zeigt die chlagintweit (Poggendorff's Annalen LXXXII) entlehnte Tab. 18. Da Humboldt für die südamerikanischen Gebirge unter dem Aequa-ine Temperaturabnahme von 20° R. für eine Erhebung von 15 000 gefunden hat, so ergiebt sich dort im Durchschnitt eine Erhebung 50 Fuss für eine Temperaturabnahme von 1° R.

Kennt man für eine Gegend die Höhendifferenz, welche einer Tempe-rniedrigung von 1° R. entspricht, so kann man aus der mittleren eratur eines höher gelegenen Ortes annähernd genau die mittlere eratur berechnen, welche sich unter sonst gleichen Umständen im u des Meeres finden würde; dividirt man nämlich mit dem Höhen-chiede, welcher einer Temperaturdifferenz von 1° R. entspricht, in öhe des Beobachtungsortes, so findet man, um wie viel Grade die re Temperatur im Niveau des Meeres höher sein würde. Auch in den entspricht durchschnittlich eine Erhebung von 750 Fuss einer eraturerniedrigung von 1° R.; nun aber ist das Hospiz auf dem rnhard 7670 Fuss über dem Meeresspiegel, seine mittlere Tempera-

also um $\frac{7670}{750} = 10{,}2^0$ R. niedriger als am Meeresspiegel; da aber

ittlere Temperatur auf dem St. Bernhard — 0,8° R. ist, so ergiebt ir die mittlere Temperatur im Niveau des Meeres 9,4° R.

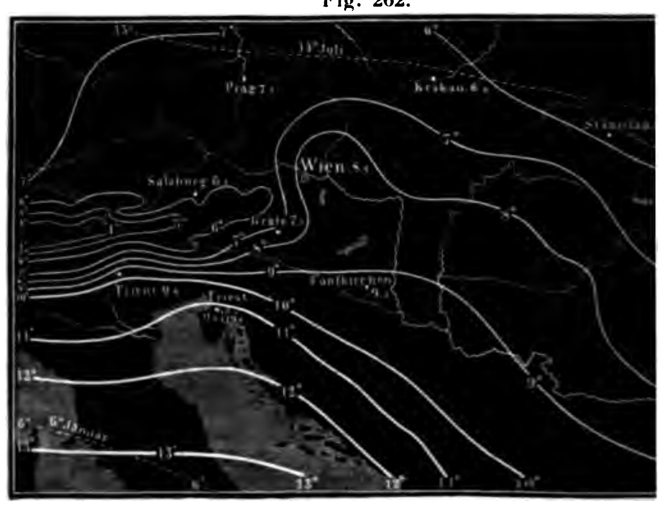
Genf liegt 1218 Fuss über dem Meeresspiegel, seine mittl
ratur 8,2° R. ist demnach $\frac{1218}{750} = 1,6°$ R. niedriger als sie
wenn Genf im Niveau des Meeres läge; seine Temperatur wür
diesen Fall $8,2 + 1,6 = 9,8°$ R. betragen.

Die mittlere Temperatur der südöstlichen Schweiz, auf d
spiegel reducirt, wäre demnach 9,4° bis 9,8° R.

Die Isothermen auf der Karte Tab. XVI, sowie die Iso
Isochimenen auf der Karte Seite 454 sind so gezogen, wie d
laufen würden, wenn alle Orte in der Höhe des Meeresspie
die Temperatur der verschiedenen Orte ist also auf das
Meeres reducirt.

In Ländern, welche von Gebirgsketten namhafter Höhe
sind, ist der Verlauf der Isothermen natürlich ein ganz and
nach den Andeutungen der in §. 166 besprochenen Isothermen
würde, wie man dies z. B. aus dem Kärtchen Fig. 262 ersie

Fig. 262.




die Jahresisothermen für den österreichischen Staat und b
Länder nach Réaumur'schen Graden darstellt. Dieses Kärtch
dem 3. Hefte von Petermann's Mittheilungen für 1864
ist, lässt den Einfluss des Alpensystems auf den Verlauf der
deutlich hervortreten.

Der Verlauf der Isothermen in gebirgigen Ländern wird
der Sache nach einige Aehnlichkeit mit dem Verlauf der I
(Linien gleicher mittlerer Höhe über dem Meeresspiegel) haben.
wird diese Aehnlichkeit um so mehr hervortreten, je grösser
stab der Karten gewählt ist, je mehr man also bei der Darst
Höhenschichten sowohl als auch der Isothermen ins Detail eing

**mperaturschwankungen in höheren Luftregionen.** 177
›irge, welche nicht bedeutend ausgedehnte Hochebenen bilden,
vorzugsweise durch hohe Kämme und Gipfel gebildet werden,
z. B. für die Alpen der Fall ist, sind die Temperaturschwan-
in der Höhe weit geringer als in der Tiefe, weil isolirte Berge
greihen auf die Temperatur der höheren Luftregionen nur einen
tenden Einfluss ausüben können, und weil die periodischen Tem-
chwankungen des Bodens in der Ebene, welche sich zunächst den
Luftschichten mittheilen, in der Höhe in ihrer Wirkung schon
rächt sind, ehe sie merklich werden.

fand z. B. Kämtz auf dem Rigi als Mittel aus einer Beobach-
he von mehreren Wochen die Differenz des täglichen Maximums
imums = 3,04° R., während diese Differenz zu Zürich gleichzeitig
›etrug.

dem St. Bernhard beträgt (Tab. S. 456) die Differenz zwischen
leren Temperaturen des wärmsten und des kältesten Monats nur
L., während für Genf dieser Unterschied auf 18,09° R. steigt.

nun die Schwankungen der Temperatur benachbarter, aber un-
och gelegener Orte einander nicht parallel gehen, so ist klar,
mperaturdifferenz zwischen zwei solchen Orten nicht constant
n, dass sie mit der Jahreszeit sich ändert. So beträgt die
r mittleren Januartemperatur für Genf und den St. Bernhard
, während der Unterschied der mittleren Julitemperatur

folgt dann auch, dass die Höhe, um welche man sich erheben
die Temperatur um 1° R. sinkt, nicht für alle Zeiten des
ist; sie ist grösser im Winter, kleiner im Sommer.

wirkung des erwärmten Bodens kann sich nur nach und
höheren Luftschichten erstrecken. Es ist also immer eine
weniger bedeutende Zeit nöthig, bis sich die in der Tiefe statt-
mperaturschwankungen in grössere Höhen fortpflanzen; da-
r wird nothwendiger Weise die Zeit des täglichen und des
Maximums verschoben, und zwar muss es auf den Höhen
treten als im Thal. Den Beobachtungen von Kämtz zufolge
der That in den Sommermonaten auf dem Rigi (5000 Fuss hoch)
imum der Temperatur erst um 5 Uhr Nachmittags Statt.

nso ist die Zeit des jährlichen Temperaturmaximums auf hohen
verrückt. Während in Genf der Juli entschieden der heisseste
st, ist auf dem St. Bernhard die mittlere Temperatur des Juli
August fast gleich; es ist also offenbar die Zeit der grössten
gegen den August hin verschoben.

plötzlich eingetretener strenger Winterkälte kommt es öfters vor,
n höher gelegenen Orten wärmer ist als an tiefer gelegenen.
zu Dresden das Thermometer am 23. Januar 1823 auf — 27° R.,
es auf dem Königsstein nur — 17° zeigte. Am 22. Januar

1850 fiel das Thermometer auf dem Brocken nur auf — 9° R., rend es auf der umgebenden Niederung auf — 20° fiel.

Noch ein anderer Umstand veranlasst manchmal, dass es i Höhe wärmer ist als in der Tiefe, wenn nämlich bei windstillem W die Thäler mit Nebel bedeckt sind, während sich die Höhen des So scheins erfreuen, wie dies in Gebirgsgegenden im Spätherbst u Winter öfters der Fall ist. So ist z. B. das Aarethal bei Solothu den letzten Monaten des Jahres oft Wochen lang in Nebel gehüllt, rend man von der Höhe des Weissensteins bei herrlichem Sonnen das wogende Nebelmeer übersieht, aus welchem einzelne Anhöhen Inseln hervortauchen, während im Süden die lichten Alpenfirnen einförmige Nebelfluth begränzen.

Vergleicht man an einem solchen Nebeltage die Temperat meteorologischen Station Solothurn mit der der Station Weisse so ist letztere namhaft höher. Am 9. December 1863 um 1 Uhr mittags war z. B. die Lufttemperatur zu Solothurn + 0,2° C., an Weissenstein aber + 7° C.

Während für grössere Höhendifferenzen die höheren Luftsch nur ausnahmsweise wärmer sind als die tieferen, steigt in der Re Temperatur der Luft, wenn man sich in den untersten Luftsch vom Boden aus bis zu einer gewissen Höhe erhebt. So fand z. B. P (Jelinek, Zeitschrift für Meteorologie 2. Bd.) für Emden als R langjähriger Beobachtungen folgende Werthe der mittleren Mona peratur der Luftschichten, welche sich 1″, 17′ 3″ und 28′ 4″ übe Boden befinden:

| | 1″ | 17′ 3″ | 28′ 4″ |
|---|---|---|---|
| Januar | — 0,27° R. | + 0,11° R. | — 0,01° R. |
| Februar | + 0,49 | 0,94 | + 0,94 |
| März | 2,13 | 2,71 | 2,85 |
| April | 5,20 | 5,98 | 6,21 |
| Mai | 8,48 | 9,47 | 9,76 |
| Juni | 11,52 | 12,50 | 12,88 |
| Juli | 12,53 | 13,54 | 13,85 |
| August | 12,52 | 13,63 | 13,93 |
| September | 10,24 | 11,20 | 11,48 |
| October | 7,10 | 7,92 | 8,03 |
| November | 3,15 | 3,61 | 3,58 |
| December | 1,13 | 1,46 | 1,44 |

In eine Höhe von 17′ bis 28′ ist also die mittlere Temperatur Monate höher als die unmittelbar auf den Boden aufliegende Lufts

Pictet fand zu Genf bei stillem, heiterem Wetter, 2 bis 2½ den nach Sonnenaufgang, die Temperatur der freien Luft in einer von 75 Fuss über dem Boden gleich der in einer Höhe von 5 Fuss

igender Sonne stieg dann das untere Thermometer rascher als das bere bis zur heissesten Tageszeit, wo das untere Thermometer ungefähr höher stand als das obere. Nachher nahm die Differenz der beiden hermometer bis kurz vor Sonnenuntergang wieder ab, während in der acht das obere Thermometer höhere Temperaturen angab.

Bei ganz bedecktem Himmel, bei dichtem Nebel oder bei heftigem inde war der Stand der beiden Thermometer der gleiche.

**Temperaturverhältnisse der Hochebenen.** Ein isolirter 178 ch in die Luft hineinragender Bergkegel oder ein Bergkamm wird die heren Regionen der Atmosphäre nicht merklich erwärmen können, il die Winde in jedem Augenblicke nur kalte Luftmassen an ihm vorführen. Eine Hochebene von bedeutendem Umfange aber kann sich ter dem Einflusse der Sonnenstrahlen bedeutend erwärmen, indem sie n einer weniger dichten und weniger hohen Luftschicht bedeckt ist die tieferen Gegenden, weil also die Sonnenstrahlen, welche eine chebene treffen, durch Absorption in der Luft weniger Wärme veren haben als die, welche zur Tiefe gelangen. Eine Hochebene kann auch einen merklichen Einfluss auf die Erwärmung der höheren tregionen ausüben, welche über ihr schweben und welche eben wegen r grösseren Ausdehnung des Plateaus längere Zeit mit dem erwärmten den in Berührung bleiben.

Unter sonst gleichen Umständen muss es demnach auf Hochebenen rmer sein als auf isolirten Berggipfeln von gleicher Höhe. In den xicanischen Gebirgen zwischen dem 18. und 19. Grade nördlicher eite hört schon in einer Höhe von 13 600 Fuss alle phanerogamische getation auf, die Schneegränze findet sich in einer Höhe von 14 500 Fuss, ährend in Peru bei gleicher südlicher Breite in grösserer Höhe eine hlreiche ackerbauende Bevölkerung wohnt; Potosi liegt 13 540 Fuss er dem Meeresspiegel, die Schneegränze liegt hier in einer Höhe von 350 Fuss. Dies erklärt sich nur durch die bedeutende Ausdehnung d Höhe der Hochebenen Perus. Das Plateau, in dessen Mitte der Tica-See liegt, erhebt sich zwischen zwei Gebirgsketten bis zu einer he von mehr als 12 350 Fuss; bei einer Breite von 60 geographischen ilen erstreckt es sich vom 16. bis zum 20. Grade südlicher Breite, so s es eine Oberfläche von 3600 Quadratmeilen hat. Die Plateaus der des in der Nähe des Aequators haben höchstens eine Oberfläche von Quadratmeilen, und die Höhe der mexicanischen Hochebene beträgt r 6000 bis 8000 Fuss.

Ein anderes Beispiel bietet die Hochebene von Tibet und der chinechen Tartarei. In einer Höhe von 11 700 Fuss wird hier in einer eite von 32° noch Weizen mit Erfolg gebaut, die Cultur der Gerste igt noch weit höher hinauf, während auf dem südlichen Abhange des malaya, in den Thälern des Ganges schon in einer Höhe von 9500 Fuss e Cultur aufhört; ja selbst unter dem Aequator auf den Plateaus von

Quito und Caxamarca ist die Gränze der Cultur des Weizens 2300 Fu
tiefer als in den Hochebenen von Tibet.

Der Einfluss der Hochebenen auf die Temperatur der oberen La
regionen ist in ihrer Mitte am bedeutendsten. Zu Santa Fe de Bogo
in der Mitte eines Plateaus, ist die mittlere Jahrestemperatur 14,5°
während sie in gleicher Höhe zu Facatativia am Rande des Plateaus
13,1° R. ist.

Während sich die Hochebenen unter der Einwirkung der Sonn
strahlen stark erwärmen, ist natürlich auch aus demselben Grunde
Wärmeverlust, den sie durch die nächtliche Strahlung erleiden, viel
deutender als in der Tiefe. Auf der Hochebene von Caxamarca in P
wo in einer Höhe von 4300 Fuss die mittlere Temperatur 16° R.
erfriert doch der Weizen häufig des Nachts. Humboldt sah hier
Tage im Schatten das Thermometer auf 25° R. steigen, während es
Sonnenaufgang nur 8° R. gezeigt hatte.

Auf den Hochebenen sind also die täglichen Schwankungen
Temperatur, und, wenn sie weiter vom Aequator entfernt liegen, 
die jährlichen, viel grösser als unter sonst gleichen Umständen in
Tiefe; so hat z. B. die Hochebene von Tibet sehr heisse Sommer,
gleich die mittlere Jahrestemperatur ziemlich niedrig ist (die mit
Temperatur des Monats October fand Turner 5,7° R., und dies i
ziemlich genau auch die mittlere Jahrestemperatur), weil dagegen
Winter um so kälter ist. Auf der Nordseite des Himalaya liegen
Culturgränzen und die Schneegränze nicht etwa deshalb höher als
dem südlichen Abhange, weil die mittlere Jahreswärme höher, son
weil bei der ungleichmässigeren Wärmevertheilung der Sommer auf
nördlichen Abdachung heisser ist, und dann, auch weil auf dem Nor
hang viel weniger Schnee fällt als auf der Südseite.

179 **Die Schneegränze.** Die Temperaturabnahme in den höher
dem Meeresspiegel gelegenen Luftschichten wird dadurch besonders
fallend nachgewiesen, dass auf hohen Gebirgen der Schnee selbst in
Sommermonaten nicht wegschmilzt, dass diese Gipfel Jahr aus Jah
mit Schnee bedeckt bleiben. Im Vorübergehen ist der Gränze des ew
Schnees in den Andes von Südamerika bereits Erwähnung geschehen
wollen jedoch diesen Gegenstand noch einer ausführlicheren Betrach
unterwerfen.

Unter der Gränze des ewigen Schnees oder kurz der Sch
gränze versteht man diejenige Höhe, über welche hinaus der Schne
den Abhängen der Gebirge, welche nicht allzu steil sind, so dass er
haupt auf denselben liegen bleiben kann, selbst in der heissesten Ja
zeit nicht vollständig wegschmilzt.

Solche Jahr aus Jahr ein mit Schnee bedeckte Abhänge we
Schneefelder genannt.

Im Allgemeinen wird natürlich die Schneegränze um so tiefer g

eeresspiegel herunter rücken, je mehr man sich vom Aequator aus ›len nähert; doch ist ihre Höhe keineswegs allein durch die geo-sche Breite eines Ortes bestimmt, sondern sie wird durch mancher-ıle Verhältnisse auf das Mannigfaltigste modificirt.

ie folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Höhe der gränze in verschiedenen Gegenden der Erde.

| Gebirge. | Breite. | Untere Gränze des ewigen Schnees. | Mittlere Temperatur im Niveau des Meeres in gleicher Breite | |
|---|---|---|---|---|
| | | | d. ganzen Jahres. | des Sommers. |
| ;en, Küste . . . . . . | $71\frac{1}{4}^0$ N. | 2220 par. F. | 0,2° R. | 5,1° R. |
| ;en, im Inneren . . . | $70-70\frac{1}{4}^0$ | 3300 „ | 2,4 | 8,9 |
| . . . . . . . . . . . | 65° | 2890 „ | 3,3 | 9,6 |
| ;en, im Inneren . . . | 60 — 62° | 4800 „ | 3,3 | 13,0 |
| ette (Sibirien) . . . . | 60° 55′ | 4190 „ | . . . . | . . . . |
| Ural . . . . . . . . | 59° 40′ | 4490 „ | 0,9 | 13,4 |
| hatka . . . . . . . . | 56° 40′ | 4930 „ | 1,6 | 10,1 |
| . . . . . . . . . . . | $49\frac{1}{4}-51^0$ | 6590 „ | 5,8 | 13,4 |
| . . . . . . . . . . . | $45\frac{3}{4}-46^0$ | 8350 „ | 8,9 | 14,7 |
| us (Elbruz) . . . . . | 43° 21′ | 10380 „ | 11,0 | 17,3 |
| ›n . . . . . . . . . | $42\frac{1}{2}-43^0$ | 8400 „ | 12,5 | 19,0 |
| . . . . . . . . . . . | $37\frac{1}{2}^0$ | 8900 „ | 15,0 | 20,1 |
| Abhang des Himalaya | $30\frac{3}{4}-31^0$ | 15600 „ | . . . . | . . . . |
| Abhang des Himalaya | . . . . . | 12200 „ | 16,2 | 20,6 |
| . . . . . . . . . . | $19-19\frac{1}{4}^0$ | 13900 „ | 20 | 22,2 |
| Nevada de Merida . . | 8° 5′ | 14000 „ | 22 | 22,6 |
| von Tolima . . . . | 4° 46′ | 14380 „ | . . . . | . . . . |
| . . . . . . . . . . . | 0° 0′ | 15320 „ | 22,5 | 22,8 |
| Cordilleras v. Chili . | $14\frac{1}{2}-18^0$ S. | 15000 „ / 16500 „ | . . . . | . . . . |
| ındes der Küste . . . | 41 — 44° | 5630 „ | . . . . | . . . . |
| ınstrasse . . . . . . | 53 — 54° | 3480 „ | 4,3 | 8 |

'ie ungleich die Höhe der Schneegränze auf den Gebirgen ver-ner Gegenden ist, wird durch Fig. 263 (a. f. S.) anschaulich ıt, in welcher die vorzüglichsten Höhen von Südamerika, Asien ıropa in Gruppen zusammengestellt sind. Die Lage der Schnee-ist durch die hier beginnende hellere Schraffirung zu erkennen.

Quito und Caxam... tiefer als i... ...ntalen Linien entsprechenden Höhen
De... ...und am linken Rande der Figur beiges
region... ...as stellt die südamerikanischen Gebirge
in de... ...limani, Nr. 2 der Aconcagua (ungefähr
wäh... ...imborazzo.
13.... ...gebirge gehören die Gipfel Nr. 4 und 5 an
...den Schamalari, der letztere den Dhawal...
st... ...nke Seite dieser Gruppe entspricht dem südlichen
... ...n nördlichen Abhange des Gebirges, und man sieh
...ie Schneegränze auf dem nördlichen Abhange höher
...südlichen.

...stellt den Elbruz, den höchsten Gipfel des Kaukasus

Fig. 253.




Die übrigen Gipfel in unserer Figur entsprechen europäisch... birgen, und zwar Nr. 7 den Pyrenäen, Nr. 8 den Alpen, Nr. ... Sulitelma in Norwegen (67° nördl. Breite), Nr. 10 den Berg... Insel Magerö, deren nördlichste Spitze das Nordcap bildet.

Man glaubte früher, dass sich die Gränze des ewigen Schnee... in solchen Regionen finden müsste, wo die mittlere Jahrestem... 0° C. ist. Wenn es so wäre, so müssten alle Länder, deren m... Jahrestemperatur unter Null ist, beständig mit Schnee bedeck... während wir doch z. B. wissen, dass selbst zu Jakutzk, bei eine... leren Jahrestemperatur von — 8,25° C. noch Cerealien gebaut we...

Die Gränze, bis zu welcher selbst im Sommer der Schnee nich... schmilzt, kann also nicht ohne Weiteres aus der mittleren Jahres... ratur eines Ortes abgeleitet werden, sie hängt nicht sowohl v... mittleren Jahreswärme ... von der Vertheilung der Wär... ...

In Jakutzk ist ... Temperatur des heissesten Monats ... ... Wärme ... Schnee wegschmelzen, der ... Wärme zu Jakutzk bei unverä... mittleren Jahrestemperatur ... 8,25° C. die Wärme so vertheil...

sie nur zwischen $0^{0}$ C. und — $16^{0}$ C. schwankte, so würde der Schnee liegen bleiben.

Die mittlere Temperatur der Schneegränze kann also an Orten, welche sehr excessives Klima haben, sehr niedrig sein; in solchen Gegenden für welche die Differenz zwischen der Sommer- und Wintertempe- geringer ist, wird die mittlere Jahrestemperatur an der Gränze des Schnees höher sein. Da nun zwischen den Wendekreisen die ankungen der Temperatur weit geringer sind als in den gemässigten und in den Polargegenden, so wird auch die mittlere Jahrestempe- der Luft an der Schneegränze in den Tropen weit höher sein als heren Breiten.

Denken wir uns einen Ort, an welchem die Temperatur der Luft das Jahr hindurch $0^{0}$ C. betrüge, so könnte der Schnee, welcher hier unmöglich wegschmelzen, und man sieht leicht ein, dass, wenn die eratur eines Ortes um nur sehr wenige Grade schwankt, die mittlere eratur über $0^{0}$ C. sein muss, damit der gefallene Schnee vollkommen hmelzen kann, wenn man bedenkt, wie viel Wärme beim Schmelzen hnees gebunden wird. Es ist daher leicht zu begreifen, dass in den die mittlere Lufttemperatur an der Schneegränze über Null ist. n den Tropen ist die mittlere Lufttemperatur der Schneegränze 2° C., während sie in Norwegen vom 60. bis 70. Breitengrade C. ist; in Sibirien ist sie natürlich noch niedriger.

Da die Schneegränze vorzugsweise von der Temperatur des heissesten ts abhängt, so muss die Höhe der Schneegränze in verschiedenen den, für welche die mittlere Jahreswärme in der Ebene gleich ist, ieden sein, wenn die Vertheilung der Wärme an beiden Orten un- ist, wenn die eine Gegend ein Küstenklima, die andere aber ein Con- alklima hat. Bei gleicher mittlerer Jahreswärme in der Ebene liegt hneegränze für ein Küstenklima tiefer als für ein Continentalklima. So hat z. B. Island und das Innere von Norwegen vom 60. bis ade fast ganz gleiche mittlere Jahreswärme, in Island ist aber die rwärme geringer, und deshalb liegt auch die Schneegränze bedeu- 2000 Fuss) tiefer.

mehr Schnee im Winter fällt, desto heisser muss es im Sommer , um ihn ganz wegzuschmelzen; da nun an den Küsten mehr fällt als im Inneren der grossen Continente, wo die Luft weit r ist, so ist darin ein neuer Grund zu suchen, warum an den die Schneegränze verhältnissmässig tiefer liegt als im Inneren andes.

Die Pyrenäen und der Kaukasus liegen ungefähr in gleicher Breite; mittlere Jahrestemperatur sowohl als auch die mittlere Sommerwärme Fusse der Pyrenäen höher als am Fusse des Kaukasus, und doch e Schneegränze am Kaukasus um 2000 Fuss höher als in den Pyre- , weil dort weit weniger Schnee fällt als hier.

Sehr auffallend erscheint es auch, dass die Schneegränze auf der

nördlichen Abdachung des Himalaya um mehr als 3000 Fuss hö
als am südlichen Abhange; es wird dies aber begreiflich, wenn
denkt, dass gerade die über dem indischen Ocean mit Feuchti
sättigte Luft, an den südlichen Abhang des riesenhaften Gebi
schlagend, dort ungeheure Massen von Regen in den niederen
Schnee in den höheren Regionen absetzt, während aus der t
Luft auf der nördlichen Abdachung ungleich weniger Schnee h
ausserdem aber schliesst sich an die nördliche Abdachung die be
Hochebene von Tibet an, während sich das Gebirge auf der
rasch bis zum Spiegel des Meeres herabsenkt.

Das Tafelland von Tibet besteht eigentlich aus mehrer
Gebirgsketten getrennten Hochebenen von ausserordentlicher Tr
auf welchen die Temperaturschwankungen ungemein gross sind:
felsigen und sandigen Hochebenen sich im Sommer durch die A
der Sonnenstrahlen bedeutend erwärmen, tragen sie viel zur l
der Schneegränze bei.

Ein ähnlicher Unterschied zeigt sich zwischen den östli
westlichen Cordilleras von Chili. Nach den Messungen von P
ist die Schneegränze vom 14. bis zum 18. Breitengrade noch l
höher als unter dem Aequator selbst, was offenbar nur von dem
der Hochebenen herrühren kann.

Die Gränze des Schnees steigt und sinkt mit den vers
Jahreszeiten; diese Schwankung ist in der heissen Zone Amer
unbedeutend, sie beträgt, nach Humboldt, nur 250 bis 350 F
darf jedoch die Gränze des Schnees nicht mit den Gränzen ver
bis zu welchen noch von Zeit zu Zeit Schnee fällt und auch ei
liegen bleibt. In den mexicanischen Gebirgen liegen die Grän
schen welchen die Schneegränze auf- und niedersteigt, schon l
weiter, nämlich um 2000 Fuss, auseinander; dieser Unterschied
zu begreifen, wenn man bedenkt, dass die mittlere Temperatur
wärmsten Monate in Mexico um 5° C., in Quito aber nur 1°
mehr beträgt als die mittlere Temperatur der drei kältesten Mo

180 **Die Gletscher.** Da der auf den Schneefeldern fallend
nur theilweise wegschmelzen kann, da also jeder frisch fallend
noch alte Schneemassen vorfindet, so muss hier im Laufe der
ungeheure Anhäufung von Schnee und Eis stattfinden, und z
dies vorzugsweise in den über der Schneegränze liegende
förmigen Hochthälern der Fall sein, in welchen der Wind de
zusammenweht und in welche er von den steileren sie umgebe
schützenden Bergkämmen und Gipfeln als Lawinen herabstürzt.

Da nun aber eine solche Anhäufung von Schnee und Eis
Unendliche fortgehen kann, so muss irgendwie eine Ausgleichu
finden, und diese Ausgleichung wird durch die Gletscher verm
Wenn nämlich die Anhäufung des Schnees, welcher, wie wi

sen werden, eine allmälige Umwandlung in körniges Eis erfährt, bis einer gewissen Gränze fortgeschritten ist, so kann sich die Masse auf r geneigten Fläche, auf welcher sie liegt, nicht mehr erhalten, sie itet theils vermöge ihres eigenen Gewichtes, theils in Folge des Druckes, n höher gelegene Massen auf sie ausüben, auf der schiefen Ebene herab, en sehr langsam fliessenden Eisstrom bildend, der sich bis in wärmere gebungen herabsenkt, wo dann die Schmelzung stattfindet, zu welcher Wärme in der Höhe nicht ausreichte.

Ein solcher aus der Region des ewigen Schnees langsam thalabwärts bewegender Eisstrom wird nun ein Gletscher (glacier), in Tyrol Ferner genannt.

Der auf den Schneefeldern gefallene Schnee erleidet durch abwechdes theilweises Aufthauen und Wiedergefrieren allmälig eine gänzle Umänderung seines Aggregatzustandes. Das durch Schmelzen geste Wasser dringt in die Zwischenräume zwischen den einzelnen eekryställchen ein und füllt sie abwechselnd mit Luftblasen aus; der ste Frost verwandelt diesen mit Wasser getränkten Schnee in eine körnigen Eises, welche mit dem Namen Firn bezeichnet wird.

Durch eine mehrmalige, in Folge der Abwechselung von Sommer Winter in grossem Maassstabe stattfindende Wiederholung des eben deuteten Processes wird die Schnee- und Firnmasse allmälig mehr mehr in Eis verwandelt, welches, sich in die Thäler hinabsenkend, Gletscher bildet. Jeder Winter häuft neue Schneemassen als Ma zu fernerer Gletscherbildung in den Hochthälern an.

Das Gletschereis bildet keine compacte feste Masse, nicht ein conrliches Ganzes, wie das Eis auf der Oberfläche der Seen und Flüsse; steht vielmehr aus einem Conglomerat mehr oder minder grosser elmässig gestalteter Eiskörner, deren jedes seinen Nachbar in die einkeilen hilft. Die theils mit Wasser, theils mit Luft gefüllten n, welche die aneinanderstossenden Flächen benachbarter Gletscherr trennen, kann man sehr schön sichtbar machen, wenn man gen Weingeist auf die eben gemachte Gränzfläche eines Stückes chereis giesst. Durch den in die Fugen eindringenden Weingeist inen die Gletscherkörner gleichsam von einem gefärbten Netze einlossen. Am unteren Ende des Aletschgletschers fand Hugi die Gletkörner über 2 Zoll gross. Eine Stunde weiter aufwärts, am Mörlisee, n sie nur stark nussgross und noch zwei Stunden weiter waren sie viel kleiner und gingen alsbald in Firn über.

Die einzelnen Gletscherkörner scheinen bei ausserordentlicher Klar und Durchsichtigkeit vollkommen farblos zu sein; in grösseren sen aber zeigt das Gletschereis die herrliche blaue Färbung, welche in Gletscherspalten und Gletscherhöhlen zu bewundern Gelegenheit Es ist dies offenbar das Blau des reinen Wassers, von welchem in 41 die Rede war.

Bei seinem langsamen Herabgleiten verhält sich das Gletschereis

nicht etwa wie ein zusammenhängender fester Körper, sondern mehr wi
eine zähe dickflüssige Masse, denn die Geschwindigkeit der Gletsch
bewegung ist keineswegs für den ganzen Querschnitt dieselbe; in d
Mitte des Gletscherstromes ist die Bewegung weit rascher thalabw
als an den Seitenrändern, und dieser Umstand bewirkt im Verein m
mehreren anderen, dass sich im Gletschereis zahlreiche Klüfte und Spal
bilden, wie dies Fig. 264 zeigt, welche einen Theil des Zermattgl
schers darstellt.

Fig. 264.

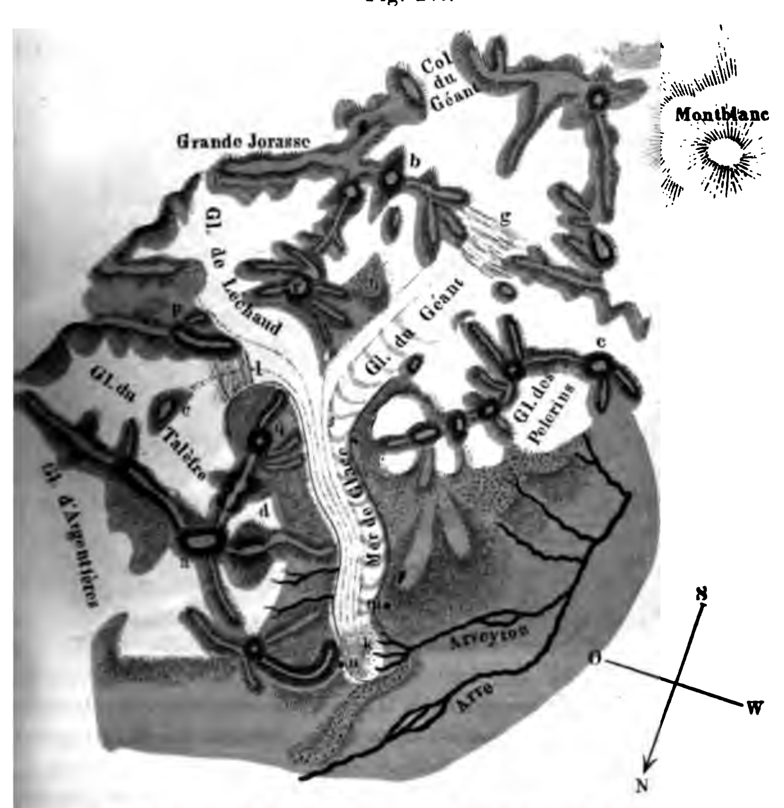


Das nach Schlagintweit's Karte des Monte Rosa copirte Kärt
des Lysgletschers, Fig. 278, S. 516, ist sehr geeignet, einige der
Gletscherbildung bedingenden Umstände anschaulich zu machen. Da
der Tiefe ganz enge Lysthal breitet sich in der Höhe zu einem weiten Th
kessel aus, welcher auf der Nordseite durch den Lyskamm, im O
durch den Kamm der Vincentpyramide und im Westen durch einen de
parallel laufenden, fast eben so hohen Gebirgskamm eingeschlossen
Die ungeheure Schnee- und Firnmasse, welche sich in diesem hoch ü
der Schneegränze liegenden Thalkessel anhäuft, ist es nun, welche d
Lysgletscher ernährt, von den Firnfeldern aus wie ein Strom lang
herabfliesst und sich in das unten enger werdende Lysthal keilförm

**ængt.** Das untere Ende dieses Gletschers findet sich in einer Höhe **6200** Fuss, die mittlere Höhe der Firnlinie, d. h. der Gegend, in **cher** die Firnmasse in Gletschereis übergeht, beträgt ungefähr 9230 Fuss. mittlere Neigung der Firnmasse ist 13° 20′, die mittlere Neigung Gletschers ist 18°.

Betrachten wir ferner das Mer de glace, das Eismeer, im Chamonithale, welches an Masse alle Gletscher der Schweiz übertrifft, obgleich an Länge vom Aletschgletscher übertroffen wird. Es sammelt sich,

Fig. 265.




e man aus dem nach Forbes copirten Kärtchen, Fig. 265, ersieht, von n Schneefeldern der unmittelbar nördlich vom Montblanc gelegenen erge, von denen mehrere, wie grande Jorasse, die Aiguille verte , Fig. 265), die Aiguille du géant (*b*), Aiguille du midi (*c*) und die iguille du Dru (*d*) nur um 2000 bis 3000 Fuss von dem Montblanc berragt werden. Die Schneefelder, welche an den Abhängen und in den halkesseln zwischen diesen Bergen liegen, sammeln sich in drei Hauptröme, den glacier du géant, glacier de Léchaud und glacier du Tafre, welche schliesslich zusammenfliessend das Eismeer bilden, welches

sich als ein 2600 bis 3000 Fuss breiter Eisstrom bis in das Thal von **Chamouni** hinauszieht, wo aus seinem unteren Ende ein starker Bach der **Arveyron**, hervorbricht, der sich in die **Arve** ergiesst. Der unterste Absturz des Eismeeres, welcher vom Thale von Chamouni aus sichtbar ist und eine gewaltige Eiscascade bildet, wird gewöhnlich glacier des **Bois** genannt (**Helmholtz**, populäre wissenschaftliche Vorträge, Braunschweig 1865).

**Hugi** schätzt die Mächtigkeit der Gletscher des Berner Oberland an ihrem Ausgange zu 30 bis 80 Fuss. Auf dem **Unteraargletscher** etwa eine Stunde oberhalb seines Ausganges, fand er eine bis auf d Grund gehende Spalte von 120 Fuss Tiefe. Die mittlere Mächtigkeit d

Fig. 266.



Gletscher jener Gegend beträgt nach **Hugi's** Messungen 80 bis 100 F die höheren, weite Thäler ausfüllenden Firne können im Mittel 120 180 Fuss dick angenommen werden.

Die Mächtigkeit des Mer de glace und seiner Zuflüsse ist jedenfall viel bedeutender. Am Ende einer verticalen Felswand des **Tacul** sch sich der Rand des glacier du géant mit einer senkrechten Wand 140 Fuss Höhe hervor. Etwas unterhalb der Vereinigungsstelle drei Gletscher sondirte **Tyndall** in einem moulin, d. h. in einer Höhle durch welche die oberflächlichen Gletscherwasser in die Tiefe strö bis zu 160 Fuss Tiefe, und die Führer behaupteten, in einer ähnlich Oeffnung einmal bis zu 350 Fuss sondirt zu haben. Die Bodengestalt lässt aber eine noch viel bedeutendere Mächtigkeit des Eises an die Stellen vermuthen.

Von der Mächtigkeit der Eismassen der grösseren Gletscher giebt h die Ansicht, Fig. 266, vom unteren Ende des gewaltigen Gornertschers bei Zermatt ein anschauliches Bild.

**Regelation.** Auf den ersten Anblick scheint es fast unglaublich, **181** das sonst so spröde Eis in den Gletschern wie eine dickflüssige tanz, etwa wie Theer oder dicker Thonbrei sich bewegen soll, dass len Krümmungen der Thäler folgt, in welchen sich der Gletscher bsenkt, und sich durch etwaige Verengungen hindurchzwängen lässt, eine plastische Substanz. Dass das Gletschereis in der That keine ische Masse, dass es wirklich spröde ist, geht schon aus der Bildung Spalten und aus der später noch zu besprechenden Zerklüftung herwelche die Gletscher an verschiedenen Stellen zeigen.

Die Lösung dieser scheinbaren Widersprüche ergiebt sich theilweise dem Umstand, dass das Gletschereis eine aus einzelnen Eiskörnern mmengesetzte Masse ist, alsdann aber spielt die unter dem Namen Regelation bekannte Eigenthümlichkeit des Eises eine wesentliche in der Erklärung der Gletscherphänomene.

Wenn man zwei etwas geebnete Eisstücke, welche schon im Schmelgriffen sind, gegen einander presst, so werden sie alsbald ein zuhängendes Eisstück bilden, und zwar werden sie um so stärker haften, je stärker sie zusammengedrückt wurden. Die Erfindet selbst in einer über 0° erwärmten Umgebung Statt und Druck der Hände genügt, um die Erscheinung zu zeigen.

beiden Eisstücke sind in Folge des Druckes offenbar zusamfroren, weshalb auch Faraday, welcher das eben besprochene entdeckte, es mit dem Namen der Regelation bezeichnete. Folge der Regelation wird der schon bis zum Schmelzpunkt er-Schnee durch den Druck der Hände zu einem festen Schneeball inigt. Sehr kalter Schnee bildet ein trockenes loses Pulver, welches mit der Hand nicht zu einem festen Ball zusammenpressen lässt.

Die Erklärung der Regelation ergiebt sich aus dem in §. 297 des rbuchs der Physik (7. Aufl. II. Bd. S. 926) besprochenen Umstand, der Gefrierpunkt des Wassers unter hohem Druck erniedrigt wird.

Die beiden einander zugekehrten Flächen der zusammengepressten tücke berühren sich, wenn sie auch noch so gut geebnet waren, doch t ihrer ganzen Ausdehnung nach, sondern nur in einzelnen Punkten. den sich berührenden Stellen wird nun in Folge des Druckes Eis zur melzung gebracht, das gebildete Wasser wird aber etwas kälter sein 0° und deshalb, in die leeren Zwischenräume eindringend, in denen em Druck entzogen ist, alsbald wieder gefrieren und so das Zusamhaften der beiden Eisstücke bewirken.

Die Regelation spielt nun aber, wie sich leicht einsehen lässt, auch dem Uebergang des Schnees in Gletschereis eine wesentliche Rolle. durch abwechselndes Schmelzen und Gefrieren des Schnees gebildeten

Firnkörner haben den Druck der auf ihnen lastenden Schnee- und Fi
massen auszuhalten, wodurch ein festeres Aneinanderhaften der einzel
Firnkörner bedingt und nach und nach der Uebergang der feineren F
körner in grössere, fester zusammenhängende Gletscherkörner bewirkt

Die Verwandlung von Schnee in Eis, welche sich in den Gletsc
unter verhältnissmässig geringerem Druck in längeren Zeiträumen
zieht, lässt sich mit einem von Helmholtz erdachten Apparate
Anwendung stärkeren Druckes in kurzer Zeit ausführen. An e
hohlen, oben und unten offenen Cylinder *AA* von Gusseisen, von wel
Fig. 267 eine äussere Ansicht, Fig. 268 aber den Durchschnitt

Fig. 267.

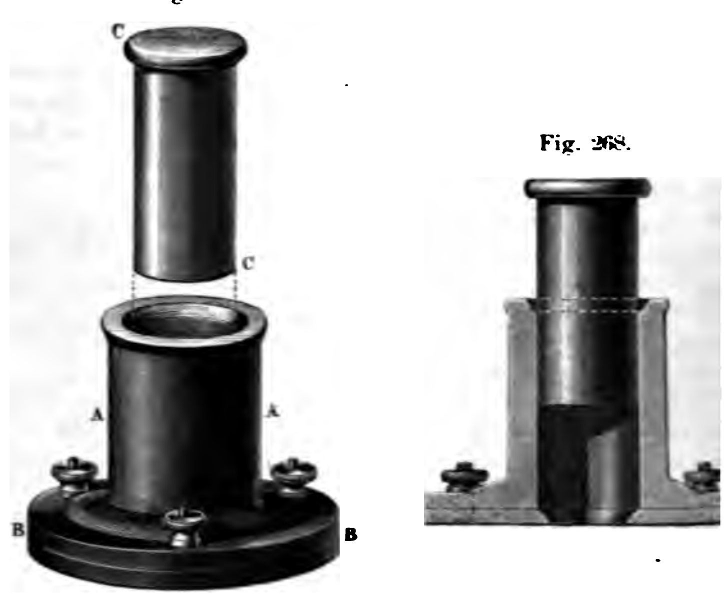



Fig. 268.

endet unten mit einem breiteren eisernen Ring, an welchen von unte
eine eiserne Platte angeschraubt werden kann, welche entweder in
Mitte conisch durchbohrt ist, wie Fig. 268 zeigt, oder welche ganz
ist, so dass sie den hohlen Cylinder *A* von unten her vollständig sch
In die Höhlung des Cylinders *A* kann von oben her ein genau pas
Stempel *C* eingeschoben werden, wie man in beiden Figuren sieht.

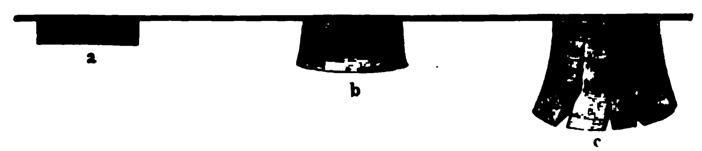
Zunächst werde nun eine massive Platte *B* an den hohlen Cyl
angeschraubt, die Höhlung des auf 0° erkalteten Cylinders *A* mit S
vollgestopft, der cylindrische Stempel *C* aufgesetzt und endlich mi
einer hydraulischen Presse hineingetrieben. Der lockere Schnee sc
det nun unter einem Druck, welcher leicht bis auf 50 Atmosphäre
steigert werden kann, auf ein kleines Volumen zusammen. Man
nun mit dem Drucke nach, nimmt den Stempel heraus, füllt den

heil des Cylinders abermals mit Schnee aus, presst wieder und fährt so
rt, bis die ganze Höhlung des Cylinders $A$ mit einer Masse angefüllt
t, welche dem Druck nicht mehr nachgiebt. — Wenn man nun die
denplatte $BB$ abschraubt und den gepressten Schnee herausnimmt, so
ht man, dass er zu einem ganz harten, scharfkantigen und trübe durch-
heinenden Eiscylinder geworden ist.

Während die in $A$ enthaltene Schnee- und Eismasse durch kräftiges
ntreiben des Stempels $C$ comprimirt wird, sieht man aus der feinen
ge zwischen der Bodenplatte $BB$ und der am Cylinder $A$ unten an-
brachten Scheibe äusserst zarte Eisblättchen nach allen Seiten in hori-
ntaler Richtung herauswachsen. Es rührt dies von dem durch Schmel-
ng des gepressten Eises gebildeten, aber unter 0° erkalteten Wasser
r, welches sogleich wieder erstarrt, sobald es dem starken Druck ent-
chen ist, welchen es im Cylinder auszuhalten hatte.

Schraubt man an die Stelle der massiven Eisenplatte $BB$, welche
dem eben beschriebenen Versuche diente, eine Platte mit conisch sich
rengender Oeffnung, wie man in Fig. 268 sieht, unter dem hohlen Cy-
der $AA$ an, setzt man dann den durch Compression des Schnees er-
ugten Eiscylinder in die Höhlung von $AA$ ein und treibt man endlich
n Stempel wieder mittelst der hydraulischen Presse an, so sieht man
fangs einen soliden Eiscylinder von dem Durchmesser der unteren
ffnung austreten. Da aber in der Mitte der Oeffnung das Eis schneller
sdrängt als an den Rändern, so wölbt sich die freie Endfläche des
rvorgedrängten Eiscylinders, sein unteres Ende verdickt sich, so dass
nicht mehr durch die Oeffnung zurückgezogen werden kann, und spaltet
h endlich auf. Fig. 269 $a$, $b$ und $c$ zeigt die Reihe von Formen, die
dieser Weise zu Stande kommen.

Fig. 269.




Setzt man einen durch Compression von Schnee gebildeten Eis-
linder, Fig. 270, zwischen zwei Holzplatten in die hydraulische Presse
n, so verändert beim Antreiben derselben der Eiscylinder unter fort-
ährendem Knarren und Knacken allmälig seine Form, er wird immer
edriger, dafür aber dicker und erst, wenn derselbe schon in eine ziemlich
atte Kreisscheibe, Fig. 271, verwandelt worden ist, fängt er an, am Rande
nzureissen und Spalten zu bilden, gleichsam Gletscherspalten im Kleinen.

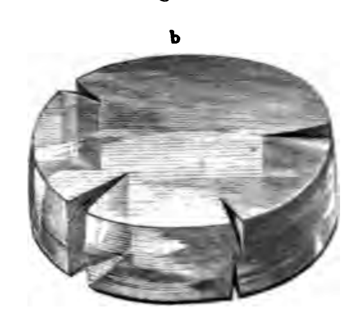
Ganz anders verhält sich ein Eiscylinder, den man aus einem der
frorenen Oberfläche eines Flusses oder Sees entnommenen Stücke Eis
herausgeschnitten hat, dass die beiden natürlichen Oberflächen seine
dflächen bilden. Durch den Druck der Presse wird das Eisstück zer-

brochen, jeder sich bildende Riss geht durch seine ganze Dicke hindurc
und der ganze Block zerfällt in einen Haufen von Trümmern, welche b
fernerem Antreiben der Presse theilweise allerdings wieder durch Reg
lation vereinigt werden.

Fig. 270.




Fig. 271.




In dem letzteren Falle haben wir es mit einem krystallisirt
Körper, im ersteren aber mit einer Eismasse von körniger Structur
thun, deren einzelne Körnchen, durch feine Zwischenräume getrennt, s
leicht gegenseitig verschieben lassen, um sich dann in veränderter geg
seitiger Stellung wieder durch Druck vereinigen zu lassen. Da auch
Gletschereis aus einzelnen, wenn auch grösseren Körnern besteht, so
klärt sich aus diesem Umstand, dass es sich unter einem starken Dr
wie ein plastischer Körper verhält und sich wie ein zähflüssiger Kö
bewegen kann, während es sich gegen Zug und Spannung im höch
Grade spröde zeigt.

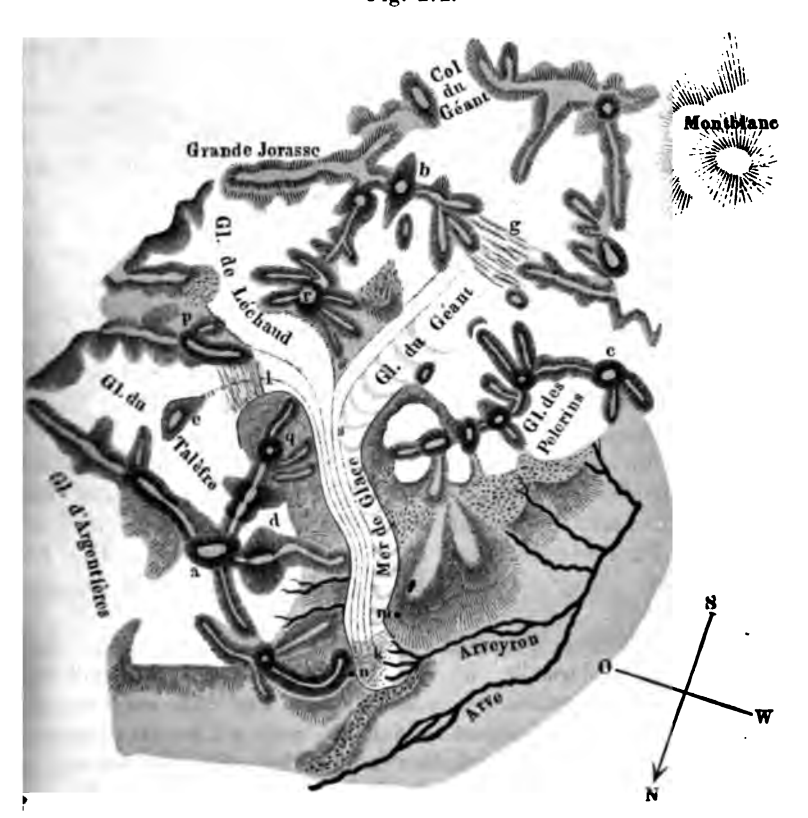
182 **Die Gletscherbewegung.** Auf den ersten Anblick ersche
die Gletscher als eine völlig bewegungslose Masse, starr wie die sie
gebenden Felsen; eine etwas genauere Beobachtung zeigt aber als
eine thalabwärts gerichtete Bewegung.

Von der Wengernalp aus sieht man eine gewaltige Gletscherm
welche von dem Sattel zwischen Mönch und Jungfrau nach Norden
abgedacht ist und sich bis zu einer steilen Felswand vorschiebt, w
fast senkrecht gegen das Trümleten Thal abfällt. Hier erscheint
der Gletscher durch eine verticale Eiswand begränzt, welche gleich
die Fortsetzung jener Felswand bildet. Durch das langsame Vo
schreiten des Gletschers wird nun bald da bald dort eine Parthie
Eismasse über den Rand der Felswand hinausgeschoben und stürzt d
von der hinteren Gletschermasse sich trennend, unter furchtb
Donner, im Ansehen einem Wasserfalle ähnlich, in die Tiefe hinab.
heissen Sommertagen, wo das Voranschreiten der Gletscher am schnell
ist, kann man hier oft 3 bis 4 solcher Lawinenstürze in der Stunde
obachten.

Im Jahre 1788 liess Saussure beim Herabsteigen an den Felsen m der Seite der Eiscascade des glacier du géant (*g*, Fig. 272) eine hölrne Leiter zurück. Im Jahre 1832, also 44 Jahre später, wurden ruchstücke dieser Leiter bei *s* gefunden, woraus sich ergiebt, dass jene heile des Gletschers in jedem Jahre durchschnittlich um 375 Fuss abärts gewandert waren.

Im Jahre 1836 fiel ein Führer beim Uebergang nach dem aus der sse des glacier de Talèfre hervorragenden Felsens *e*, Fig. 272, welcher

Fig. 272.




ter dem Namen des „jardin" bekannt ist, in eine Gletscherspalte, und gelang ihm nur unter Zurücklassung seines Tornisters, wieder herauskommen. Dieser Tornister wurde aber im Jahre 1846 in der Nähe m *l*, 4300 Fuss weiter abwärts, wieder aufgefunden, er hatte also mit m Gletscher durchschnittlich einen Weg von 430 Fuss im Jahre zuckgelegt.

Im Jahre 1827 hatte sich Hugi auf der Mittelmoräne des Unterargletschers eine Hütte gebaut, um dort Beobachtungen anzustellen.

Im Jahre 1841 stand sie 4884 Fuss tiefer, sie hatte also in jedem J einen Weg von durchschnittlich 349 Fuss zurückgelegt.

Um sich von dem Fortrücken der Gletscher zu überzeugen und Geschwindigkeit zu messen, bedarf es übrigens nicht so langer Peri mit genaueren Messinstrumenten kann man sie schon im Laufe einzigen Tages wahrnehmen und messen. Solche Messungen hab geben, dass die Mitte des Eismeeres bei Chamouni im Sommer tä um 20 Zoll im Tage fortschreitet, eine Geschwindigkeit, welche die untere Eiscascade hin auf 35 Zoll steigt.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Gletscher in das Thal h schieben, hängt natürlich von localen Verhältnissen, z. B. von der Nei der Thalsohle, von der Mächtigkeit der Gletscher- und Firnmass ab. Auch schwankt die Grösse der Gletscherbewegung mit der Ja zeit: sie ist grösser im Sommer, wenn durch Wegschmelzen Basis und durch das Wasser, welches die feineren Klüfte und Sp ausfüllt, die Beweglichkeit der Gletschermasse erhöht wird; sie i gegen am geringsten im Winter, wenn das Wasser im Innern des schers theilweise gefroren und das Wegschmelzen am Boden au Minimum reducirt ist.

Bei der Langsamkeit der Gletscherbewegung dauert es sehr bis ein Theil des in der Höhe gefallenen Schnees in Eis verwand unteren Ende des Gletschers ankommt. Für manche Gletscher dies 80, 100 und noch mehrere Jahre. Es dauert 120 Jahre, b Eis des Col du géant das untere Ende des Eismeeres erreicht.

So lange die Thalsohle, auf welche der Gletscher langsam gleitet, eine ziemlich gleichförmige Neigung beibehält, ist auch die fläche des Gletschers, die Spalten abgerechnet, eine ziemlich eben dies z. B. der Zermattgletscher in seinen oberen Parthien, Fig und das mer de glace im Chamounithal in der Gegend des Mont Fig. 273, erläutern.

Auf dem Kärtchen, Fig. 272 (a. S. 509), welches das unter des M[illegible] darstellt, ist der Montanvert mit *m* beze D[illegible] Standpunkt, von welchem aus die Ansicht, Fig. 273, aufgen ist, [illegible] M[illegible] gegenüber auf dem rechten Ufer des Glet

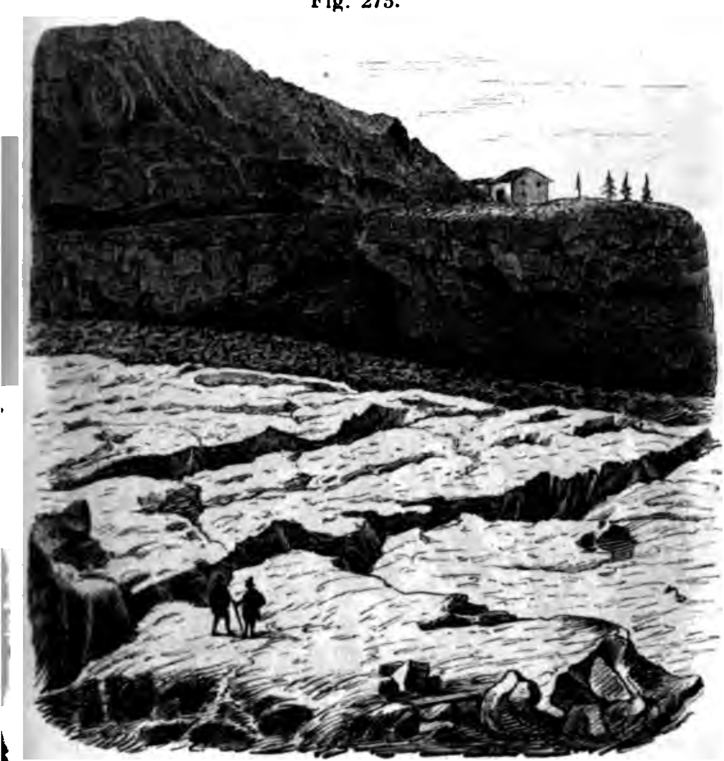
W[illegible] Unebenheiten in der Thalsohle vorkomme [illegible] sanfte Neigung des Gletscherbod [illegible] beginnt, wie dies z. B. a glacier [illegible] Fig. 272, auf dem glacier du Talèfre bei [illegible] Fall ist, so muss nun eine st [illegible] Bei dem rascheren Voranschreit [illegible] solchen Stelle ein Abbrech [illegible] gangenen nachstürzen und [illegible] wie man es Fig. 27 welche das M[illegible] von der in Fig. 272 mit zeichneten [illegible] bekannten Stelle aus ers

Solche stark zerklüftete Stellen der Gletscher werden **Eiscascaden** nannt.

Im Hintergrunde der Fig. 274 erblickt man den **Bossongletscher**.

Die untere Gränze des Gletschers wird sich natürlich da finden, wo ade so viel Eis an der vorderen Fläche wegschmilzt, als die Masse

Fig. 273.



Gletschers in gleicher Zeit vorrückt. In wärmeren Jahren wird sich lb der Gletscher etwas zurückziehen, und wenn mehrere kühlere schneereiche Jahre auf einander folgen, so senkt sich der Gletscher ter in das Thal herab.

Die Gletscher müssen sich demnach in den Thälern der Hochgebirge t unter die Gränze des ewigen Schnees herabziehen, wie dies auch in . 263 bei Nr. 8 angedeutet ist. So reicht z. B. der untere **Grindel-ldgletscher**, welcher überhaupt unter allen Alpengletschern am sten herabsteigt, bis zu einer Höhe von 3065 Fuss über den Meeres-gel herunter, während die Schneegränze in jenen Gegenden ungefähr 0 Fuss hoch ist.

Die Gletscher senken sich also in eine Region herab, welche schon üppige Vegetation zeigen kann, und so kommt es, dass man nicht

selten die unteren Parthien der Gletscher von Getreidefeldern und von Baumwuchs umgeben findet.

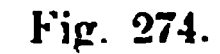
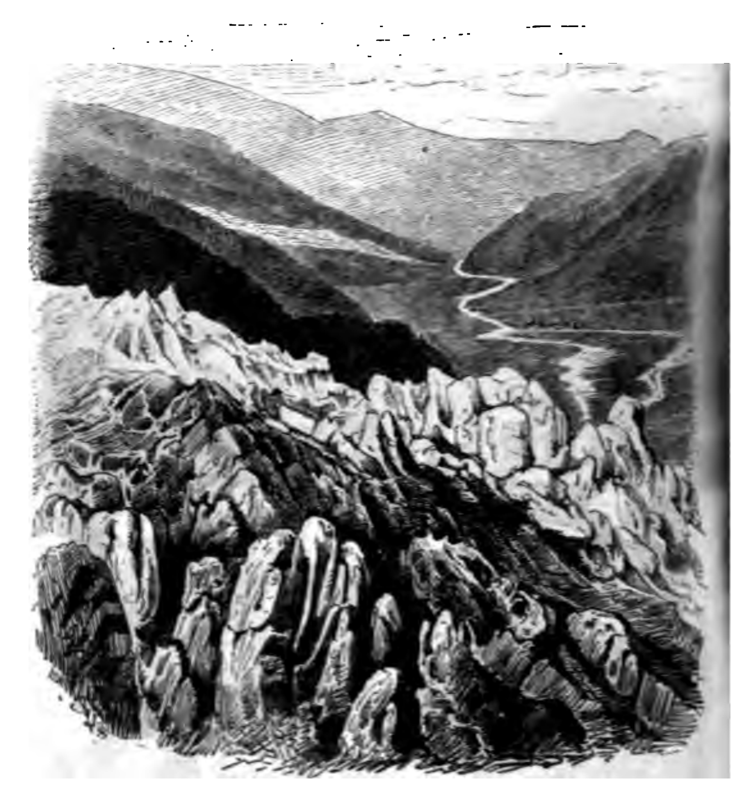


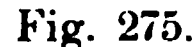
Fig. 274.



183 **Moränen und Gletscherschliffe.** Von den Thalwänden, zwischen denen die Gletscherströme sich hinabsenken, fällt fortwäh Schutt, bald fallen kleinere, bald grössere Gesteinstrümmer auf die O fläche der Gletscher herab, welche theils durch Verwitterung von Felsmasse losgelöst, theils durch Gefrieren des Wassers in ihren Sp abgesprengt worden sind und die vorzugsweise auf dem Rande des scher liegen bleiben. Diese Erd- und Gesteinsmassen, welche der fläche des Gletschers meist ein schmutziges Ansehen geben, wandern mit der ganzen Gletschermasse thalabwärts bis zum unteren Glet ende, welches in Folge dessen von mehr oder minder mächtigen T merwallen umgeben erscheint, welche unter dem Namen der Mor bekannt sind. Die an der Seite des Gletschers abgesetzten Trü wälle werden Seitenmoränen genannt.

Die von dem Gletscherende angehäuften Gesteinsmassen w Frontmoränen oder auch Stirnwälle genannt. Wenn die Ausdeh

tschers in der Art zunimmt, dass sein unteres Ende mehr und
ordringt, so wird die ganze Frontmoräne mit unwiderstehlicher
von der Eismasse fortgeschoben. Wenn dann aber wieder einige
olgen, in welchen der Gletscher zurückgeht, d. h. in welchen das
ielzen des vorderen Endes rascher erfolgt als das Vordringen der
so zieht sich das Gletscherende allmälig von dem Steinwalle zu-


Fig. 275.



ler so die Gränze bezeichnet, bis zu welcher früher der Gletscher
lrungen war. Ein schönes Beispiel solcher alter Frontmoränen
der Rhonegletscher, Fig. 275. Man sieht hier deutlich, wie
tere Gletscherende unmittelbar von einem Trümmerwall umgeben
usserdem sieht man aber einige noch alte Frontmoränen, welche
iger Entfernung vom Gletscher denselben concentrisch umgeben.
Venn zwei Gletscherströme zusammenstossen, um sich zu einem
n zu vereinigen, wie z. B. der Glacier de Lechaud und der Glacier
nt, Fig. 272, welche zusammen das Mer de glace bilden, so stösst
ke Ufer des einen mit dem rechten des anderen zusammen und so
en die Gesteinsmassen, welche auf den einander zugewendeten
der beiden Gletscher liegen, auf die Mitte des durch ihre Ver-
ng gebildeten, auf dessen Mitte sie dann weiter abwärts wandern.
lcher, auf der Oberfläche des Gletschers parallel mit seinen Ufern
rtziehender Steinwall wird eine Mittelmoräne oder Guffer-
genannt. Auf dem Kärtchen, Fig. 272, sieht man, wie auf dem
r fünf solcher Gufferlinien, deren Ursprung man leicht auffinden
parallel neben einander herziehen. Auch auf der Karte des Lys-
hers, Fig. 278, lassen sich mehrere solcher Mittelmoränen ver-

Fig. 276 stellt die mächtige Mittelmoräne des Unteraarglet-
dar, welcher durch die Vereinigung zweier Gletscherströme gebildet
on denen der eine von den Firnfeldern des Finsteraarhorns, der
von denen des Schreckhorns herabkommt.

in anderes schönes Beispiel einer Mittelmoräne bietet der grosse
hgletscher, von welchem Fig. 277 (a. S. 515) eine Ansicht bietet.

Unter den zahllosen grösseren und kleineren Gesteinstrümme[illegible] welche von dem Gletschereis getragen thalabwärts wandern und in [illegible] Endmoränen angehäuft werden, kommen bisweilen auch solche [illegible] enormer Grösse vor, ja in alten Moränen hat man solche von der Grö[illegible] zweistöckiger Häuser gefunden.

In der Region des Firnes sind die Gufferlinien noch nicht ü[illegible] die Firnfläche erhoben, sobald sie hingegen die Firnfläche überschrit[illegible] und den eigentlichen Gletscher erreicht haben, erheben sie sich über [illegible]

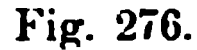


Fig. 276.



Niveau der übrigen Gletschermasse, weil sie das von ihnen bedeckt[illegible] vor den Sonnenstrahlen schützen, unter deren Einfluss das unbede[illegible] Eis rasch wegschmilzt. Wenn einzelne grössere Steinblöcke [illegible] dem Eise liegen, so geht derselbe Process vor sich, es entstehen [illegible] nannte Gletschertische, d. h. Steinblöcke, welche von einem Eis[illegible] [illegible]gen werden, wie man deren in Fig. 276 mehrere sieht. Wenn [illegible] Eiskegel nach und nach zu weit abgeschmolzen ist, so fällt der Stein[illegible] w[illegible]r auf die Oberfläche des Gletschers herab.

Solche Steine, welche entweder durch Spalten hinabgefallen oder [illegible] Boden [illegible] Fläche des Gletschers gleich[illegible] eingebacken [illegible] Eise allmälig über den Boden [illegible] Gletscherthal[illegible] sie gleichzeitig durch die Last [illegible] über ihnen [illegible] Boden angepresst werden. Di[illegible] [illegible] und der F[illegible] hingeschoben werden, werd[illegible]

hre gegenseitige Reibung zu einem feinen Staub zermalmt, welcher
sser des aus dem unteren Ende des Gletschers hervorströmenden
trübe und milchig macht. Die Felsen des Thalgrundes und der
ände werden natürlich die Spuren dieser gewaltigen Reibung zeigen;

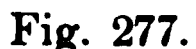
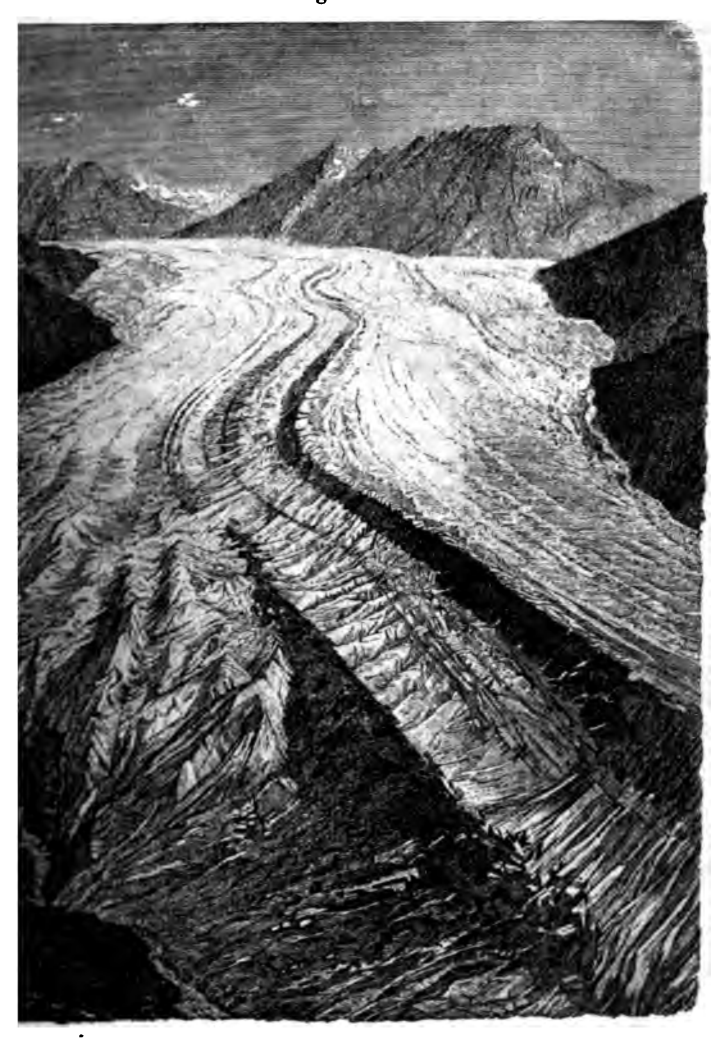


Fig. 277.



fen Ecken und Kanten der Felsen werden abgestumpft und gerundet,
sen werden geebnet und förmlich geschliffen und polirt, und da,
lig einzelne lose Gesteinsstücke zwischen dem Gletschereis und den
ı Felsen eingekeilt sind, werden durch das gewaltsame Fort-
dieser Gesteinsfragmente in den seitlichen Felswänden Ritzen

und Streifen hervorgebracht, welche die Wirkung der Gletscher w
lich von der abrundenden und glättenden Wirkung des fliessenden
sers unterscheiden.

Fig. 278.

KARTE DES LYSGLETSCHERS.




**184 Die Gletscher verschiedener Gegenden.** Wir h
jetzt nur die Gletscher der Alpen betrachtet, welche vorzugsw
untersucht worden sind. Sehr mächtige Gletscher finden sich
kasus, während die der Pyrenäen viel weniger ausgedehnt si

Alpen. Auch Norwegen hat bedeutende Gletscher aufzuweisen, ob-
sh die Gebirgsformation ihrer Bildung nicht so günstig ist als in
Alpen.

Je weiter ein Gebirge von dem Aequator entfernt ist, desto tiefer
len sich die Gletscher herabsenken, weshalb sie in den Polargegenden
ehr bedeutender Ausdehnung auftreten. Der zehnte Theil der Insel
nd ist mit Gletschern bedeckt, und in Grönland sowohl wie in Spitz-
reichen die Gletscher bis zum Meere hinab. Solche in das Meer
schobene Gletschermassen werden öfters durch mancherlei Ursachen
ande losgelöst, und werden dann durch die Meeresströmungen als
le Eisberge weit von dem Orte ihrer Entstehung weggeführt.

sserhalb der Polargegenden findet man in keinem anderen Theile
rde eine solche Anhäufung von Gletschern, wie in West-Tibet.
d das Mer de glace ungefähr $1^1/_2$ und der Aletsch-Gletscher nur
r 3 geographische Meilen (1 geogr. Meile = 22 842 par. Fuss)
d, kommen hier von den mächtigen über 24 000 par. Fuss hohen
zahlreiche Gletscherströme herab, deren Länge 3 bis 8 geogra-
Meilen beträgt. Auch alle anderen Gletscherphänomene zeigen
ier in riesigem Maassstab; so sind dort die Spalten im Eis von
r Breite und furchtbarer Tiefe. Bei einem Versuch, die Dicke des
in einem dieser gähnenden Abgründe zu messen, erreichte die
r. Fuss lange Leine den Boden nicht. Messungen an den Enden
tscher ergaben eine Dicke von 300 bis 400 Fuss; höher oben ist
nfalls noch beträchtlicher. An der Oberfläche bilden sich Wasser-
und Seen von 2500 bis 10 000 Fuss Länge, deren Wasser ge-
ich mit einem lauten, brüllenden intermittirenden Geräusch in
Höhlen oder „moulins“ verschwindet.

r Hauptgletscher des Boltoro zeigt eine wunderbare Anzahl
Moränen, welche ihn streifenförmig in 15 Linien aus verschie-
Gestein, wie grauem, gelbem, braunem, blauem und rothem, in
denen Schattirungen überziehen, aber nur auf dem oberen Theile
schers ganz getrennt von einander lagern, während sie am un-
de die ganze Oberfläche bedecken, so dass sie das Eis vollständig
en. In der Mitte dieser Moränen befindet sich ein Streifen von
Eisblöcken, wie er auf anderen Gletschern noch nicht beobachtet
ist. (Petermann's Mittheilungen 1863. S. 66.)

chdem was oben über die Bildung der Gletscher gesagt wurde,
, dass der Wechsel der Jahreszeiten für dieselbe wesentlich ist;
tscher fehlen deshalb auch in den schneebedeckten Gebirgen der
n; in der Aequatorealzone von Südamerika kommen keine Gletscher
obgleich die Cordillere dort weit in die Region des ewigen Schnees
inragt. Nach den Beobachtungen von Philipp und Leybold kom-
in Südamerika die Gletscher erst unter dem 35. Grad südlicher
te am Descubezado da Maule und unter dem 36. Grade südlicher
te am Nevado da Chillan vor. (Petermann's Mittheil. 1863. S. 255).

In ausgezeichnetster Weise ist das Gletscherphänomen in
erstenmale von Haast genauer untersuchten Alpen der Südin
Neu-Seeland entwickelt. Zwischen dem 43. und dem 44. Gr
licher Breite schätzt Haast die Kammhöhe des Gebirges zu 90
während die einzelnen Gipfel sich zu einer Höhe von 10000 bi
Fuss erheben. Die Gränze des ewigen Schnees findet sich in j
gend in einer Höhe von 7500 bis 7800 Fuss. Aus den Fi
welche die kolossalen Schneepyramiden umgeben, entwickeln sich G
ströme, welche im Verhältniss zu den Berghöhen viel bedeute
als die Gletscher der europäischen Alpen (ohne Zweifel wegen d
ten insularen Klimas von Neuseeland) und welche theilweise bis
Tiefe von 3760 und 3400 Fuss über dem Meeresspiegel herabst

Auffallend gross ist die Masse des Gletscherschlammes,
viele der neuseeländischen Gletscherbäche mit sich führen. So
das Wasser des von Gletscherbächen gespeisten 3 geographisch
langen und 1 Meile breiten Tekapo-Sees nicht klar, wie da
der Schweizer Seen, sondern so milchig trübe, dass es in ein
schöpft aussieht, als ob Milch in dem Glase gewesen und ma
dazu gegossen hätte. Nur nach Monate langem kalten und t
Wetter klärt sich das Wasser etwas.

185 **Die Eiszeit.** Abgesehen davon, dass im Sommer d
Gletscherende sich zurückzieht, während es im Winter vordring
mittlere Lage, um welche dasselbe im Laufe des Jahres schw
veränderliche, so dass oft längere Perioden hindurch der Glets
dringt um sich dann für längere Zeit wieder zurückzuziehen.
wärtig sind die meisten Gletscher des Berner Oberlandes im
begriffen. So hat sich z. B. der untere Grindelwaldgletscher sei
Jahren so weit zurückgezogen, dass im Jahre 1865 ein bisher
Eis bedeckter Steinbruch frei wurde, in welchem man zwei im Ja
behauene Marmorblöcke vorfand, welche in den Garten des Mu
Bern gebracht und mit einer entsprechenden Inschrift versehen

Es lässt sich historisch nachweisen, dass die meisten Glet
Schweiz im Mittelalter eine viel geringere Ausdehnung hatte
über manche Pässe ein lebhafter Verkehr stattfand, welche geg
so vereist sind, dass sie höchstens von einzelnen Gemsjägern
risten besucht werden. Dagegen war in vorhistorischen Z
Ausdehnung der Alpengletscher eine bei weitem bedeutende
gegenwärtig ist, wie aus den vielfachen Spuren hervorgeht, w
Gletscherthätigkeit jener Zeiten zurückgelassen hat.

So findet man in vielen Alpenthälern, namentlich aber im Aa
namhafter Höhe über der Thalsohle Felsen, welche deutliche Gletsch
zeigen. Der Weg von Meyringen nach der Grimsel geht über Fe
welche so glatt polirt sind, dass man Rinnen einhauen musste, u
schen und Pferde möglich zu machen, mit Sicherheit darüber

Weit entfernt von der gegenwärtigen Gletscherregion (z. B. zu Zürich)
ist man mächtige alte Moränen, deren aus den Hochalpen stammendes
mmergestein dem Boden fremd ist, auf welchem sie liegen. Ebenso
t man zahlreiche zum Theil kolossale Granitblöcke, sogenannte erra-
he Blöcke, über einen grossen Theil der ebenen Schweiz, bis zu dem
bhang des Jura, wo sie sich noch bis zu einer Höhe von 1000 Fuss
dem Spiegel des Neuchateller Sees finden.

Alle diese Thatsachen beweisen, dass sich die Gletscher der Mont-
ckette, des Monte Rosa, des Gotthard und der Berner Alpen
als durch das Thal der Arve, der Rhone, der Aare und des Rheines
über die jetzigen Gränzen des Gletschergebietes erstreckten, und der
te Theil der heutigen Schweiz vollständig vereist war.

Aehnliche Spuren alter Gletscher findet man auch auf den britischen
n und auf der scandinavischen Halbinsel. Auf der norddeutschen
e bis nach Finnland hin findet man zahlreiche Granitblöcke, welche
llos aus den schwedischen Gebirgen stammen und welche kaum anders
urch Gletscher so weit von ihrer Heimath weggeführt sein können.

Wie aber lässt sich eine solche Eiszeit erklären, wenn man bedenkt,
geologischen Thatsachen zufolge, welche wir in einem späteren
graphen werden kennen lernen, die Temperatur der Erdoberfläche in
istorischer Zeit eine weit höhere gewesen sein muss, als gegenwärtig?

Einige schweizerische Naturforscher glauben eine Lösung dieses
nbaren Widerspruchs in dem Umstand gefunden zu haben, dass nach
ren Forschungen die heutige Sahara früher zweifellos Meeresboden
sen sei, dass also hier früher ein ausgedehntes Meer vorhanden ge-
sein müsse. Ein solches Meer aber, meinten sie, müsse abkühlend
ie Temperatur von Europa gewirkt und die enorme Ausdehnung der
cher möglich gemacht haben. Nachdem aber die Sahara über den
el des Meeres emporgestiegen war, habe die heisse Luft, welche von
glühenden Boden des afrikanischen Continents aufsteigt, als Föhn
die Alpen verbreitet, ein namhaftes Abschmelzen der Gletscher be-
und dadurch dieselben auf ihre gegenwärtige Ausdehnung reducirt.

Diese Erklärung der Eiszeit fand vielfachen Widerspruch. Nicht
dass man die frühere Ueberfluthung der Sahara durch die Meeres-
bezweifelt hätte; diese zugestanden, ist man nur den Consequenzen
gengetreten, die man daraus gezogen hat.

Es ist nämlich durchaus nicht nachgewiesen, dass die Gegenwart
weit ausgedehnten, sich bis zu den Tropen erstreckenden Meeres im
n von Europa direct einen so stark erkaltenden Einfluss auf diesen
theil habe ausüben können, und dass die hohe Temperatur des Föhns
ich von der Sahara abzuleiten sei. Wir werden auf diesen Punkt
noch einmal zurückkommen.

Die Existenz eines ausgedehnten Meeres im Süden von Europa und
Umstand, dass ehedem die Temperatur aller Meere eine höhere war
gegenwärtig, konnte aber in ganz anderer Weise eine grössere Aus-

dehnung der Gletscher zur Folge haben. Die Höhe der Schneegrä
und die Tiefe, zu welcher die Gletscher herabsteigen, ist ja, wie wir se
gesehen haben, unter sonst gleichen Umständen wesentlich durch
Menge des Schneefalls in der Höhe bedingt. Ein ausgedehnteres
wärmeres Meer im Süden von Europa musste zunächst eine bedeute
Vermehrung des Schneefalles in den Alpen zur Folge haben, und z
um so mehr, als wir wohl annehmen können, dass die Gipfel und Kä
derselben sich ehedem noch zu grösserer Höhe erhoben als gegenwä
Auf der Südgränze des Himalayagebirges geht ja unter dem Einflus
warmen indischen Oceans die Schneegränze um 3000 Fuss tiefer h
als auf dem Nordabhang. Nehmen wir nun an, dass durch die Exis
eines ausgedehnten warmen Meeres im Süden von Europa eine nur
so grosse Senkung der Schneegränze in den Alpen bewirkt worden
so würde dies vollständig genügen, um die Eiszeit zu erklären.

## 186 Absorption der Wärmestrahlen durch die Atmosph

Wenn man mit Hülfe einer Sammellinse Zunder durch Concentrati
Sonnenstrahlen anzünden will, so wird man einen grossen Unters
finden, je nachdem man den Versuch Mittags anstellt, wo die Sonne
am Himmel steht, oder des Abends, wenn sie ihrem Untergange nah
während sich der Schwamm des Mittags leicht entzündet, geschieht d
am Abend entweder nur sehr schwierig oder gar nicht; die Intensitä
von der Sonne zu uns kommenden Wärmestrahlen ist also in d
beiden Fällen eben so ungleich wie die Intensität der Lichtstra
Abends können wir die rothgelbe Scheibe der untergehenden Sonne
ansehen, Mittags aber wird das Auge durch den Glanz der So
strahlen geblendet.

Dieser Unterschied in der Intensität der Licht- und Wärmestra
welche von der Sonne zu uns kommen, rührt offenbar daher, das
Weg, welchen die Sonnenstrahlen durch die Atmosphäre hindurch zu
zulegen haben, bedeutend grösser ist, wenn die Sonne dem Hori
nahe steht; je grösser aber der Weg ist, den die Sonnenstrahlen i
Atmosphäre zurücklegen, desto mehr Licht und Wärme wird abs
werden.

Um annähernd die Wärmeabsorption in der Atmosphäre zu b
men, hat Herschel ein Instrument construirt, welches er Helion
genannt hat. Pouillet gab diesem Instrumente folgende vervollk
nete Einrichtung.

Das cylindrische Gefäss a, Fig. 279, ist aus dünnem Silberbl
macht; sein Durchmesser beträgt ungefähr 1 Decimeter, seine Höh
bis 15 Millimeter, so dass es ungefähr 100 Gramm Wasser aufnel
kann. In dem Gefässe befindet sich die Kugel eines Thermometers, d
Röhre durch einen das Gefäss verschliessenden Kork in eine hohle
tallröhre hineinragt; diese Metallröhre geht durch zwei Hülsen b
und c, so dass sie mit dem Gefässe a mittelst des Knopfes b besti

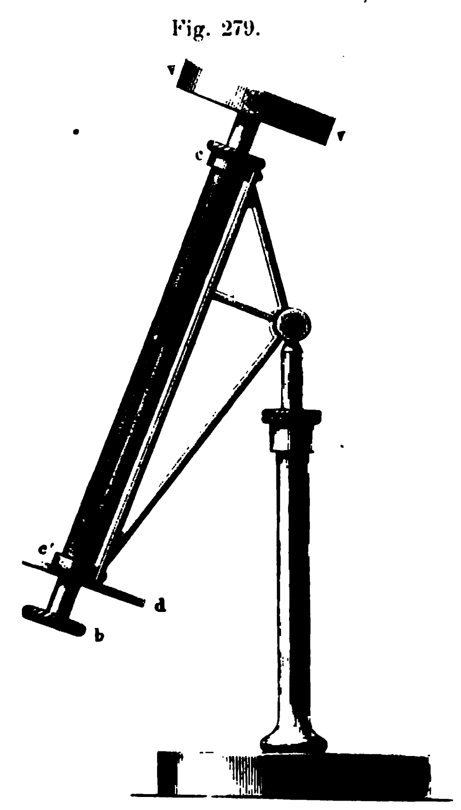
e Axe gedreht werden kann; diese Umdrehung hat zum Zweck, sser im Gefässe *v* in beständiger Bewegung zu erhalten, damit Wärme in demselben möglichst gleichförmig verbreitet.

e obere Fläche des Gefässes *v* ist mit Russ sorgfältig geschwärzt. eibe *d* hat denselben Durchmesser wie das Gefäss *v*; richtet man Instrument so gegen die Sonne, dass der Schatten des Gefässes le die Scheibe *d* deckt, so kann man sicher sein, dass die Sonhlen die vordere Fläche des Gefässes rechtwinklig treffen.

enn die geschwärzte Oberfläche des Instrumentes rechtwinklig von nenstrahlen getroffen wird, so steigt die Temperatur des Wassers er die der Umgebung.

enn das Gefäss *v* sich erwärmt, so verliert es auch Wärme, theils durch Strahlung gegen den Himmelsraum, theils an die Umgebung. Wenn ein solcher Verlust nicht stattfände, so würde die durch den wärmenden Einfluss der Sonnenstrahlen hervorgebrachte Temperaturerhöhung des Gefässes *v* jedenfalls bedeutender sein als die, welche man beobachtet; um aber auf die Wärme schliessen zu können, welche dem Instrumente wirklich durch die Sonnenstrahlen zugeführt wird, ist deshalb an den beobachteten Temperaturerhöhungen eine Correction anzubringen. Der Versuch wird deshalb in folgender Weise angestellt.

Fig. 279.




Wenn das Wasser in dem Gefässe die Temperatur der umgebenden Luft hat, wird das Int nahe an dem Orte, wo man es den Sonnenstrahlen aussetzen Schatten aufgestellt, und zwar so, dass die Wärme von der n Fläche frei gegen den Himmel ausstrahlen kann. Man bet nun fünf Minuten lang die Erkaltung; in der folgenden Minute nan einen Schirm vor die schwarze Fläche und richtet dann den

Apparat so, dass die Sonnenstrahlen rechtwinklig einfallen, wenn i
am Ende der sechsten Minute den Schirm wegnimmt. Während
folgenden fünf Minuten beobachtet man die durch die Sonnenstra
hervorgebrachte Temperaturerhöhung, indem man das Wasser des
fässes $v$ in beständiger Bewegung erhält; am Ende der elften Mi
setzt man den Schirm wieder vor, zieht den Apparat an seine fri
Stelle zurück und beobachtet dann die während der folgenden
Minuten stattfindende Erkaltung.

Es sei $g$ die in fünf Minuten durch die Sonnenstrahlen herv
brachte Temperaturerhöhung, $r$ und $r'$ die Temperaturabnahme, w
der Apparat in den fünf vorhergehenden und in den fünf folg
Minuten erleidet, so ist die Temperaturerhöhung $t$, welche durc
Sonnenstrahlen hervorgebracht sein würde, wenn kein Wärmev
stattgefunden hätte:

$$t = g + \frac{r + r'}{2}.$$

Die folgende Tabelle enthält die Resultate von 5 Beobachtungsr
welche Pouillet mit dem Heliometer angestellt hat.

| Beobachtungsstunden | Dicke der durchlaufn. Luftschicht | Beobachtete Temperaturerhöhung | Berechnete Temperaturerhöhung | Unters |
|---|---|---|---|---|
| | | Am 28. Juni 1837. | | |
| 7 Uhr 30 M. Morgens | [illegible] | 3°80 | 3°69 | + [illegible] |
| 10 „ 30 „ „ | 1.164 | [illegible] | 4.62 | — [illegible] |
| Mittag . . . . . . . . . | [illegible] | 4.70 | 4.70 | [illegible] |
| 1 Uhr . . . . . . . . | [illegible] | 4.65 | 4.67 | — [illegible] |
| 2 „ . . . . . . . | [illegible] | [illegible] | 4.54 | + [illegible] |
| 3 „ . . . . . . . | [illegible] | – | 4.32 | [illegible] |
| 4 „ . . . . . . . | [illegible] | [illegible] | 3.95 | + [illegible] |
| 5 „ . . . . . . . | [illegible] | – | [illegible] | [illegible] |
| 6 „ . . . . . . . | [illegible] | [illegible] | 2.42 | — [illegible] |
| | | Am [illegible] 1837. | | |
| Mittag . . . | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 0 |
| 1 Uhr . . . | [illegible] | [illegible] | [illegible] | — 0 |
| 2 „ | [illegible] | [illegible] | 4.74 | + 0 |
| 3 „ . . | [illegible] | [illegible] | 4.51 | — 0 |
| 4 „ . . | [illegible] | [illegible] | 4.13 | — 0 |
| 5 „ | [illegible] | [illegible] | [illegible] | + 0 |
| 6 „ . | [illegible] | [illegible] | 3.42 | — 0 |

| Beobachtungsstunden | Dicke der durchlaufn. Luftschicht | Beobachtete Temperaturerhöhung | Berechnete Temperaturerhöhung | Unterschiede |
|---|---|---|---|---|
| | | Am 22. September 1837. | | |
| ttag | 1,507 | 4,60 | 4,60 | 0 |
| Uhr | 1,559 | 4,50 | 4,54 | — 0,04 |
| „ | 1,723 | 4,30 | 4,36 | — 0,06 |
| „ | 2,102 | 4,00 | 3,97 | + 0,03 |
| „ | 2,898 | 3,10 | 3,24 | — 0,14 |
| „ | 4,992 | „ | 1,91 | „ |
| | | Am 4. Mai 1838. | | |
| ttag | 1,191 | 4,80 | 4,80 | 0 |
| Uhr | 1,223 | 4,70 | 4,76 | — 0,06 |
| „ | 1,325 | 4,60 | 4,62 | — 0,02 |
| „ | 1,529 | 4,30 | 4,36 | — 0,06 |
| „ | 1,912 | 3,90 | 3,92 | — 0,02 |
| „ | 2,603 | 3,20 | 3,22 | — 0,02 |
| „ | 4,311 | 1,95 | 1,94 | + 0,01 |
| | | Am 11. Mai 1838. | | |
| Uhr | 1,193 | 5,05 | 5,06 | — 0,01 |
| „ | 1,164 | 5,10 | 5,10 | 0 |
| „ | 1,193 | 5,05 | 5,06 | — 0,01 |
| „ | 1,288 | 4,85 | 4,95 | — 0,10 |
| „ | 1,473 | 4,70 | 4,73 | — 0,03 |
| „ | 1,812 | 4,20 | 4,37 | — 0,17 |
| „ | 2,465 | 3,65 | 3,67 | — 0,02 |
| „ | 3,943 | 2,70 | 2,64 | + 0,06 |

Die erste Columne dieser Tabelle enthält die Beobachtungsstunden, die zweite die Dicke der von den Sonnenstrahlen durchlaufenen Luftschicht, die verticale Höhe der Atmosphäre gleich 1 gesetzt; die dritte enthält die beobachtete, die vierte die von Pouillet nach einer Formel, von der sogleich die Rede sein wird, berechnete Temperaturerhöhung des Wassers im Heliometer.

Aus dieser Tabelle sehen wir nun zunächst, dass die Sonnenstrahlen um so mehr an wärmender Kraft verlieren, je weiter der Weg ist, welchen sie in der Atmosphäre zurückzulegen haben. Betrachten wir z. B. die

Beobachtungen vom 11. Mai 1838, so finden wir, dass um 1 Uhr Na
mittags die Temperaturerhöhung 5,05° betrug, um 5 Uhr, wo die Di
der durchlaufenen Luftschicht ungefähr doppelt so gross war, betrug
Temperaturerhöhung nur 3,65°, sie war also um 1,4° geringer; für
dreifache Dicke der Luftschicht, ungefähr um 6 Uhr Abends, war
Temperaturerhöhung nur 2,7°, also abermals um 0,9° geringer.

Man sieht daraus, dass die wärmende Kraft der Sonnenstrahle
einem etwas weniger raschen Verhältniss abnimmt als die Dicke
durchlaufenen Luftschicht wächst.

Es fragt sich nun, ob man aus solchen und ähnlichen Versuchen
Gesetz für die Absorption der Wärmestrahlen in der Luft in der W
ableiten kann, dass sich daraus die absolute Grösse der atmosphäris
Absorption ergiebt, dass man also die Temperaturerhöhung berec
kann, welche das Wasser im Heliometer erfahren würde, wenn ma
Instrument an die Gränze der Atmosphäre bringen könnte.

Pouillet hat gefunden, dass sich die Formel

$$t = a\,p^{\varepsilon}$$

recht gut den Beobachtungen anschliesst, wenn man für $a$ imme
constanten Werth 6.72, für $p$ aber einen Werth setzt, der von e
Tage zum anderen sich ändert. Dieser Werth von $p$ ist nach de
obachtungen vom

| | |
|---|---|
| 28. Juni . . . | 0.7244 |
| 27. Juli . . . | 0.7585 |
| 22. September . | 0.7780 |
| 4. Mai . . . | 0.7556 |
| 11. Mai . . . | 0.7888 |

Für $\varepsilon$ ist die jedesmalige Dicke der durchlaufenen Luftschicht zu s
wie sie in der zweiten Columne steht, nach dieser Formel sind die W
der vierten Columne berechnet.

Pouillet schliesst nun weiter, dass, wenn man in dieser F
$\varepsilon = 0$ setzt, man die Temperaturerhöhung erhalten müsse, welch
Heliometer an der Gränze der Atmosphäre oder in dem Falle ert
würde, dass die Atmosphäre keine Wärmestrahlen absorbirte. Ma
hält für $\varepsilon = 0$

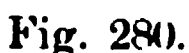
$$t = a = 6.72.$$

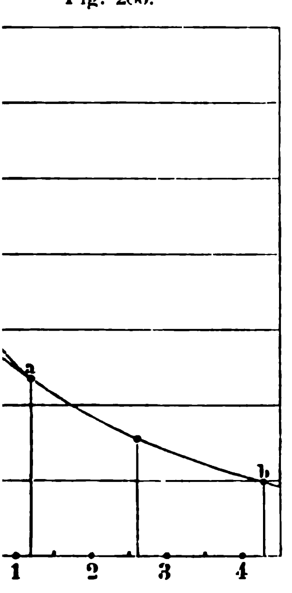
An der Gränze der Atmosphäre würde demnach die Temperatu
Instrumentes um 6.72 über die Temperatur der Umgebung steigen.
werden demnach selbst am Mittag an ganz heiteren Tagen ung
[illegible] der von der Sonne kommenden Wärmestrahlen von der Atmos
absorbirt; wenn der Himmel [illegible] oder nur mit einem Schleier i
zogen ist, muss die Wärme[illegible] der Luft noch viel bedeute
sein.

Dieses Resultat kann jedoch kaum als ein annähernd richtiges
gesehen werden, wie sich aus folgender Betrachtung ergiebt.

ir haben im Lehrbuch der Physik (7. Aufl. 2. Bd. S. 824) gesehen, renn Wärmestrahlen auf ein absorbirendes Mittel fallen, in den Schichten eine stärkere Absorption stattfindet als in den folgenden. ärmemengen, welche durch eine Glasplatte von 3, von 5 und von meter Dicke gehen, verhalten sich zu einander, wenn als Wärme-lie Locatelli'sche Lampe dient, wie 65,3 : 62 : 60. Gesetzt nun, tte nur mit diesen drei Platten Versuche angestellt, man wüsste icht, welches die directe Wirkung der Wärmequelle ist, könnte e wohl mit einiger Sicherheit aus diesen drei Versuchen ableiten? nicht! Hier aber haben wir genau denselben Fall.

e Curve *ab*, Fig. 280, stellt das Gesetz dar, nach welchem die ende Kraft der Sonnenstrahlen abnimmt, wenn die Dicke der icht wächst. Die Curve ist nach den am 4. Mai 1838 Mittags, um 5 und um 6 Uhr gemachten Beobachtungen construirt, die Dicken der durchlaufenen Luftschichten sind als Abscissen, die entsprechenden Temperaturerhöhungen als Ordinaten aufgetragen. Um zu finden, wie gross die Temperaturerhöhung an der Gränze der Atmosphäre sein würde, muss man die Curve auch noch jenseits *a*, nach der Ordinate *o* hin, so verlängern, wie das Curvenstück innerhalb *ab* andeutet, d. h. so, dass das angesetzte Curvenstück mit dem schon vorhandenen eine continuirliche krumme Linie bildet; auf diese Weise ist die Curve bis *c* fortgesetzt, und danach wäre denn allerdings die Temperaturerhöhung an der Gränze der Atmosphäre 6,7°; allein wir können die Curve *ba* auch noch auf andere Weise fortsetzen, wir können sie nach *d* und die Curve *dab* würde immer noch eine continuirliche krumme ein, und wenn dieser Lauf der Curve das wahre Verhältniss darso würde die Temperaturerhöhung an der Gränze der Atmo- 12° sein, in diesem Falle würden selbst am Mittag weit mehr Hälfte aller von der Sonne zur Erde kommenden Wärmestrahlen r Atmosphäre absorbirt. Eines ist so gut möglich wie das an-er Lauf der Curve innerhalb *ab* enthält nicht Bestimmungsstücke um sie ausserhalb dieser Gränzen mit Sicherheit fortsetzen zu


Fig. 280.




enn man eine Formel ausfindig macht, welche sich wie die Pouil- den Beobachtungen ziemlich gut anschliesst, so folgt daraus noch

nicht, dass sie den wahren Zusammenhang darstellt; man kann
viele andere Formeln ausfindig machen, welche eben so gut, viel
auch noch besser, zu den Beobachtungen passen und welche doc
den Fall, dass man die Dicke der durchlaufenen Luftschicht gleicl
setzt, ganz andere Werthe für die Temperaturerhöhung an der (
der Atmosphäre geben.

Solche Formeln sind ganz zweckmässig, um innerhalb der Be
tungsgränze Zwischenwerthe zu berechnen, über diese Gränzen
kann man sie jedoch nicht mehr mit Sicherheit gebrauchen. Hätt
z. B. für verschiedene Temperaturen zwischen 20° und 80° die Dich
des Wassers mit der grössten Genauigkeit bestimmt, hätte man
Abhängigkeit zwischen der Temperatur und der Dichtigkeit eine
construirt, welche sich den Beobachtungen sehr gut anschliesst, so
sich aus denselben doch wohl schwerlich beweisen lassen, dass das
bei 4° ein Dichtigkeitsmaximum hat, wenn man es nicht schon zu
aus gewusst hätte.

Aus der Betrachtung der Fig. 279 zeigt sich, dass man die
von $a$ aus nicht wohl zu einem tieferen Punkte der Ordinate $o$
kann als zum Punkte $c$, dass also die Wärmeabsorption in der
sphäre wenigstens so gross ist wie Pouillet gefolgert hat, d.
also selbst für grosse Sonnenhöhen wenigstens $^1/_3$ aller von der
nach der Erde kommenden Wärmestrahlen von der Atmosphäre al
werden.

Dass aber die Absorption der Wärmestrahlen in der Luft
That eine viel bedeutendere sein muss, als man nach der Pouille
Rechnung erwarten sollte, geht auch aus den in §. 266 des
Bandes meines Lehrbuchs der Physik (7. Aufl. S. 833) besprochen
suchen Tyndall's über die Diathermanität der Gase, als a
den oben §. 140, S. 369 besprochenen Resultaten hervor, zu
Wild in Betreff der Lichtabsorption in der Atmosphäre gelangt i

Pouillet berechnet in der Voraussetzung, dass die Temp
erhöhung des Heliometers in 5 Minuten wirklich 6,72° betragen
wenn die Atmosphäre keine Wärmestrahlen absorbirte, die Wärm
tität, welche in der angegebenen Zeit dem Instrumente durch die S
strahlen zugeführt würde, daraus schliesst er weiter auf die Wärme
welche überhaupt von der Sonne auf die Erde gelangt, und komm
dem Resultat, dass, wenn die Wärmemenge, welche die Sonne in
eines Jahres auf die Erde sendet, auf derselben gleichförmig v
wäre und dass sie ohne Verlust zum Eisschmelzen verwendet würd
sie alsdann im Stande wäre, eine die Erde einhüllende Eisschic
31 Meter Dicke zu schmelzen, und ferner, dass, wenn die Sonne
um von Eis umgeben wäre, und alle von ihr ausgehende Wärm
ausschliesslich verwendet würde, um dieses Eis zu schmelzen, dass
in einer Minute eine Schicht von 12 Metern Dicke weggeschmolz
den würde.

ie Grundlage der Betrachtungen und Rechnungen, durch welche zu diesem Resultate gelangte, zu schwankend ist, so ist wohl ·e Erörterung derselben überflüssig.

**nächtliche Strahlung.** Gleich wie der unmittelbar von 187 ·nstrahlen getroffene Boden eine höhere Temperatur annimmt ıgebende Luft, so sinkt die Temperatur des Bodens auch unter mperatur, wenn er des Nachts seine Wärme gegen den Himmelstrahlt, ohne dass ihm von dorther ein Ersatz für seinen Wärmekäme, wie dies unter anderen die von Wells angestellten Vereisen.

ı man in einer ruhigen heiteren Nacht kleine Massen von Heu , Wolle, Baumwolle oder andere lockere, die Wärme schlecht ubstanzen auf den Boden legt, so findet man nach einiger Zeit, Temperatur 6, 7 ja 8 Grad Celsius niedriger ist als die Tempe- Luft, in einer Höhe von 6 bis 8 Fuss über dem Boden.

rten, an welche die Sonnenstrahlen nicht hindringen, von welıber ein grosser Theil des Himmels sichtbar, ist dieses Sinken ›ratur des Grases, der Baumwolle u. s. w. unter die Lufttempe- n 3 bis 4 Stunden nach Mittag merklich; aber erst die nächtliche bringt eine bedeutende Erkaltung der Erdoberfläche hervor.

on beobachtete des Nachts einen Unterschied von fast 9° C. der Temperatur der Schneeoberfläche und der Lufttemperatur. Scoresby und Parrot haben in den Polarzonen ähnliche Beobachtungen bei einer Lufttemperatur von — 20° C. gemacht.

Fig. 281.



Um die Gesetze der nächtlichen Strahlung zu ermitteln, hat Pouillet ein Instrument construirt, welches er Actinometer nennt und welches Fig. 280 dargestellt ist. Es besteht aus einem Thermometer, welches in einem Metallcylinder horizontal in solcher Weise angebracht lurch Schwanenfedern jede Wärmezuleitung von unten und von her gehindert wird. Wenn dieser Apparat in einer heiteren Freie gestellt wird, so muss das Thermometer natürlich benter die Temperatur der umgebenden Luft sinken. Die fol-

**gende Tabelle enthält einige Resultate, welche Pouillet mit (**
**Instrumente erhalten hat.**

| Tage. | Stunden. | Temperatur der Luft. | Temperatur des Actinometers. | Unterschiede. | Tage. | Stunden. | Temperatur der Luft. | Temperatur des |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Vom 20. bis 21. April. | | | | | Vom 5. bis 6. Mai. | | | |
| 20. April | 8 Uhr Abds. | 5,6 | — 0,8 | 6,4 | 5. Mai | 5 Uhr Abds. | 25,5 | [illegible] |
| | 9 " " | 4,5 | — 2,0 | 6,5 | | 6 " " | 25,1 | [illegible] |
| | 10 " " | 3,6 | — 3,0 | 6,6 | | 7 " " | 23,1 | [illegible] |
| 21. April | 4½ " Mrgs. | 0,0 | — 7,0 | 7,0 | | 8 " " | 22,9 | [illegible] |
| | 5 " " | 0,0 | — 7,0 | 7,0 | | 9 " " | 21,5 | [illegible] |
| | 5½ " " | 0,1 | — 6,5 | 6,6 | | 10 " " | 17,5 | [illegible] |
| | | | | | 6. Mai | 4 " Mrgs. | 12,1 | |
| | | | | | | 4½ " " | 12,1 | |
| | | | | | | 5 " " | 12 | |

Diese Versuche zeigen uns, dass die Temperatur des Acti
fast in derselben Weise abnimmt, wie die Temperatur der Luft, d
bei niedriger Lufttemperatur eine eben so starke Strahlung ge
Himmelsraum stattfindet wie bei hoher.

Diese Wirkungen der nächtlichen Strahlung beweisen, dass d
peratur des Weltraums eine sehr niedrige sein müsse. Nach F
ist die Temperatur des Weltraums — 50° bis 60° C.; Arago h
darauf aufmerksam gemacht, dass sie jedenfalls weit geringer se
da man ja auf dem Fort Reliance in Nordamerika eine Tempera
— 56,7° C. beobachtet hat. Eine so bedeutende Temperaturernie
wäre auf der Erdoberfläche nicht möglich, wenn die Tempera
Weltraums nicht noch weit geringer wäre.

Pouillet hat die Temperatur des Weltraums zu — 142°
stimmt; da jedoch die Schlüsse, durch welche er zu diesem R
gelangte, sehr gewagt sind, indem ihre Grundlage höchst unsiche
mag hier die Anführung dieses Resultats genügen.

In Bengalen, wo die Temperatur der Luft nie auf Null f
nutzt man die nächtliche Strahlung, um ziemlich bedeutende Qua
von Eis herzustellen. Von einer derartigen Eisfabrik, welche n
300 Personen beschäftigt, giebt Williams folgende Beschreibung

Ein wohl geebnetes, ungefähr 4 Acres (ungefähr 160 000 Quadrat-
ms) haltendes Terrain ist in Quadrate von 1 bis $1^1/_2$ Meter Seite ge-
eilt, welche durch kleine Erdwälle von ungefähr 1 Decimeter Höhe
gefasst sind. Diese Abtheilungen nun werden mit Stroh belegt und
auf so viel flache Schüsseln mit Wasser gesetzt, als eben Platz haben.
hrend des Nachts bildet sich das Eis auf der Oberfläche des Wassers.

Diese Eisbildung ist nur eine Folge der Abkühlung, welche das,
h Leslie's Versuchen mit einem starken Ausstrahlungsvermögen be-
te Wasser, durch die nächtliche Strahlung erleidet, während das Stroh
schlechter Wärmeleiter die Zuführung der Wärme vom Boden ver-
dert.

Dass hier die Eisbildung nicht, wie man früher glaubte, von der
dampfung des Wassers herrührt, geht daraus hervor, dass ein etwas
after Wind, welcher doch die Verdampfung begünstigt, das Gefrieren
Wassers in den Schüsseln verhindert.

Alles, was die freie Strahlung gegen den Himmelsraum hindert,
dert auch die Abkühlung des Bodens und der ihn bedeckenden Gegen-
de. Wells spannte ein quadratisches baumwollenes Tuch von 2 Fuss
länge mittelst 4 Holzstäbchen 6 Zoll über dem Rasen in horizon-
Richtung aus. Unter diesem Tuche fand Wells die Temperatur
Rasens oft bis zu 6° C. höher als an benachbarten nicht geschützten
en.

Eine ähnliche Rolle, wie hier das Tuch, spielen die Wolken, welche
Himmelsgewölbe überziehen. In einer heitern Nacht war das Gras
Wiese bereits 6,7° C. kälter als die Luft geworden, als sich Wolken
ten; sogleich stieg die Temperatur des Grases wieder und zwar stieg
n 5,6° C., ohne dass die Lufttemperatur sich geändert hätte.

Wie das Gras verhält sich auch die Oberfläche des Schnees. Am
December 1869 Nachmittags $4^h$ 30′ fand ich bei vollkommen heiterem
el die Temperatur

| | |
|---|---|
| der Schneeoberfläche . . . . . . . . | — 13,7° C. |
| der Luft 4 Fuss über dem Boden . . . | — 9,1° C. |

berfläche des Schnees war also um 4,6° C. kälter als die Luft.

Wenn in heiteren Nächten die Lufttemperatur um 2 bis 4° C. über
Gefrierpunkt ist, wie dies im April und Mai bei uns öfters vorkommt,
nnen die jungen zarten Blätter und Keime durch die nächtliche
lung leicht unter den Gefrierpunkt erkaltet werden, so dass sie,
bei bedecktem Himmel nicht zu fürchten ist, erfrieren, ohne dass
Thermometer auf Null fällt.

Wenn die Lufttemperatur nicht selbst unter den Gefrierpunkt fällt,
ein Erfrieren der jungen Triebe nur dann zu fürchten, wenn bei
rem Himmel die Luft vollkommen ruhig ist, oder an Orten, welche
dem Winde geschützt sind. So kommt es z. B. öfters vor, dass die
an vertieften Stellen, etwa in alten Festungsgräben, erfrieren,

während sie dicht daneben auf Hügeln unversehrt bleiben. In der Ni
von Freiburg habe ich beobachtet, dass neben der sich 3 bis 4 Fuss ü
die Umgebung erhebenden Chaussee die aus dem Boden kommenden, ı
unter dem Niveau der Chaussee befindlichen Wurzeltriebe junger N
bäume total erfroren waren, während das Laub der Kronen dieser Bä
chen nicht im mindesten vom Frost gelitten hatte.

Solche Nachtfröste können in Deutschland und Frankreich noch
zur Mitte Mai (Pancratius und Servatius, 12. und 13. Mai) gefähr
werden, und deshalb fürchtet der Gärtner den Stierneu, d. h. die Z
in welcher der Neumond nahezu mit dem Eintritt des Mondes in
Zeichen des Stiers zusammenfällt.

Man hat diese Maifröste mit dem Umstand in Verbindung gebra
dass das Steigen der Temperatur im Mai keineswegs ein gleichförmi
sondern dass es durch Rückfälle unterbrochen ist, welche sich, wie
bereits in §. 168 gesehen haben, auch noch in vieljährigen Mitteln gel
machen. Solche Rückfälle sind aber keineswegs dem Mai eigenthüml
sie kommen in gleicher Weise in allen Monaten des Jahres vor.

188 **Temperatur des Bodens.** Wir haben bisher nur die T
peratur der Luft, aber nicht die Temperatur der oberen Bodenschid
besprochen, welche je nach der Natur der Bodenfläche oft bedeut
von der Lufttemperatur verschieden sein kann; ein nackter, des Pf
zenwuchses beraubter, steiniger oder sandiger Boden wird durch
Absorption der Sonnenstrahlen weit heisser, ein mit Pflanzen beded
Boden, z. B. ein Wiesengrund, wird durch die nächtliche Strahlung
kälter als die Luft, deren Temperatur schon durch die fortwähren
Luftströmungen mehr ausgeglichen wird. In den afrikanischen Wü
steigt die Hitze des Sandes oft auf 50° bis 60° C. Ein mit Pflanzen
deckter Boden bleibt kühler, weil die Sonnenstrahlen ihn nicht di
treffen können, die Pflanzen selbst binden gewissermaassen eine gr
Wärmemenge, indem durch die Vegetation eine Menge Wasser
dunstet; sie erkalten aber, wie wir gesehen haben, bei ihrem gro
Emissionsvermögen durch Ausstrahlung der Wärme so stark, dass
Temperatur des Grases oft 7 bis 9 Grad unter die der Luft sinkt. Im
neren der Wälder ist die Luft beständig kühl, weil die dichte Laubd
auf dieselbe Weise abkühlend wirkt wie eine Grasdecke, und weil die
den Gipfeln der Bäume abgekühlte Luft sich niedersenkt.

Wegen des unvollkommenen Wärmeleitungsvermögens kann
Wärme der obersten Bodenschichten nur nach und nach in das In
eindringen; wenn die Oberfläche aber erkaltet, so verlieren die tief
Bodenschichten weniger schnell ihre Wärme; in einer geringen T
werden deshalb die Temperaturschwankungen weit geringer sein als
der Oberfläche selbst. In Deutschland verschwinden schon bei e
Tiefe von 2 Fuss die täglichen Temperaturschwankungen, und in e
noch grösseren Tiefe verschwinden sogar die jährlichen Variationen

ier stets dieselbe Temperatur herrscht, welche aber keineswegs l mit der mittleren Temperatur des Ortes genau übereinstimmt.
eit 1671 hatte Giov. Cassini bemerkt, dass die Temperatur der des Observatoriums zu Paris während des ganzen Jahres sich nicht . Im Jahre 1730 machte Lahire dieselbe Beobachtung. Der Jean Cassini, Urenkel des obigen, übersah zuerst die grosse gkeit dieser Erscheinung; im Jahre 1771 fing er an, sie durch eine von Versuchen näher zu untersuchen und im Jahre 1783 stellte er schaftlich mit Lavoisier in den Kellern des Observatoriums einen npfindlichen Apparat auf, welcher entscheidende Resultate liefern . Dieser Apparat, welcher noch jetzt daselbst aufgestellt ist, hat le Einrichtung.
uf dem Boden des Kellers, in einer Tiefe von 27,6 Metern, erhebt n massiver Steinblock von 1,3 Meter Höhe, auf welchem ein mit Sande gefülltes Glasgefäss steht; in diesem Sande steckt die Kugel Thermometers, dessen Theilung auf Glas geätzt ist. Das Thermo- ist von Lavoisier selbst construirt und mit wohl gereinigtem silber gefüllt; seine Kugel hat 7 Centimeter im Durchmesser, und hre ist sehr fein, so dass ein Grad eine Länge von ungefähr limetern einnimmt, dass also $^1/_{100}$ Grad noch fast eine Länge von meter hat; man kann demnach noch die Hälfte von $^1/_{100}$ Grad i. Das Thermometer geht nur bis auf 16° C., es hat aber oben ein Behälter, in welches das Quecksilber hineinsteigen kann, wenn le Temperatur über 16° C. steigen sollte.
ieses Thermometer zeigt nun eine constante Temperatur von C., und diese Temperatur hat sich seit einem halben Jahrhundert ändert.
e Tiefe, in welcher die jährlichen Temperaturschwankungen ver- en, ist nicht in allen Gegenden dieselbe; sie hängt von der Lei- higkeit des Bodens, vorzüglich aber auch von der Grösse des aturunterschiedes der heissesten und kältesten Jahreszeit ab. In en Zone Amerikas fand Boussingault schon in einer Tiefe von Decimetern eine constante Temperatur, weil hier die Wärme gleichförmig über die verschiedenen Zeiten des Jahres ver- ist.
ie mit zunehmender Tiefe die jährlichen Veränderungen der Tem- r abnehmen, ersieht man aus folgenden Resultaten, welche die zu l in dieser Beziehung von 1834 bis 1837 angestellten Versuche rt haben.

| Tiefe. | Schwankungen der Temperatur im Laufe eines Jahres. |
|---|---|
| 0,19m | 13,28° C. |
| 0,45 | 12,44 |
| 0,75 | 11,35 |
| 1,00 | 10,58 |
| 1,95 | 7,59 |
| 3,90 | 4,49 |
| 7,80 | 1,13 |

Vergleicht man die Beobachtungen von Paris, Stras[...]
und Brüssel, so ergiebt sich, dass die jährlichen Schwankun[...]
in einer Tiefe von 24 Metern verschwinden.

Da die Wärme nur allmälig von der Oberfläche in d[...]
dringt, so ist klar, dass in der Tiefe das Maximum der [...]
später erreicht wird als in der Atmosphäre, wie dies auch [...]
Forbes in Edinburgh in verschiedenen Bodenarten angest[...]
bestätigen.

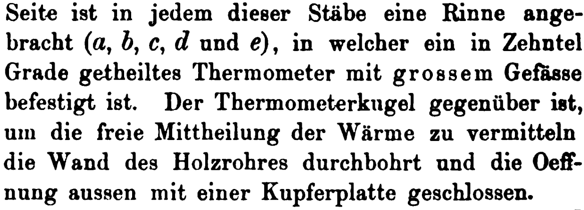
| Bodenart. | Jährl. Temperaturschwankung in einer Tiefe von | | | | Zeitpunkt des Temp[...] in einer Tiefe v[...] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1m | 1,9m | 3,9m | 7,8m | 1m | 1,9m | 3,9m |
| Trapp . . | 10,58° C. | 6,61° | 3,5° | 0,50° | 6. Aug. | 2. Sept. | 17. [illegible] |
| Sand . . | 11,23 | 5,30 | 4,19 | 1,16 | 31. Juli | 24. Aug. | 7. [illegible] |
| Sandstein . | 9,38 | 7,72 | 5,22 | 2,28 | 5. Aug. | 19. Aug. | 11. [illegible] |

Aus diesen Versuchen ergiebt sich nun auch, wie ungleic[...]
tungsfähigkeit verschiedener Fels- und Bodenarten für die W[...]
Trapp (Dolerit) besitzt unter den drei genannten das geringste, [...]
das beste Leitungsvermögen. In gleicher Tiefe sind im San[...]
Schwankungen der Temperatur nicht allein grösser, sondern [...]
mum der Temperatur stellt sich auch früher ein als im Sand u[...]

Um die Temperatur des Bodens bis zu einer Tiefe von 2[...]
beobachten, hat Lamont die durch Fig. 281 erläuterte Vorrich[...]
struirt. In den Boden ist ein [illegible] Fuss langes hölzernes Rohr [...]
quadratischem Querschnitt ([illegible] im Lichten) eingegraben, welc[...]
durch eine Kupferplatte geschlossen ist. In die Höhlung die[...]
Röhre passen fünf Holzstäbe A, B, C, D und E. E ist 3 F[...]

ss, jeder der drei übrigen ist 4 Fuss lang. Jeder dieser fast qua- schen Stäbe ist oben mit einem eisernen Bügel versehen, welcher in Höhlung des auf ihm aufsitzenden Stabes hineinragt. An der einen Seite ist in jedem dieser Stäbe eine Rinne angebracht ($a$, $b$, $c$, $d$ und $e$), in welcher ein in Zehntel Grade getheiltes Thermometer mit grossem Gefässe befestigt ist. Der Thermometerkugel gegenüber ist, um die freie Mittheilung der Wärme zu vermitteln die Wand des Holzrohres durchbohrt und die Oeffnung aussen mit einer Kupferplatte geschlossen.

Fig. 281.



Das Thermometer $a$ ist 4, $b$ ist 8, $c$ ist 12, $d$ ist 16 und $e$ ist 20 Fuss tief unter der Oberfläche des Bodens. Um eine Beobachtung zu machen wird zuerst $A$ hervorgezogen und das Thermometer bei $a$ rasch abgelesen, ehe sich noch sein Stand ändern kann. Dann wird $B$ mittelst eines an einer Schnur befestigten Hakens hervorgezogen, welcher in dem am oberen Ende von $B$ angebrachten Bügel eingreift, und dann rasch die Ablesung des Thermometers $b$ vorgenommen u. s. w.

Zu Bogenhausen sind zwei solche Röhren dicht neben einander nordwestlich, zwei andere aber südöstlich von der Sternwarte angebracht. Die Ablesung wird daselbst einmal wöchentlich und zwar am Mittwoch vorgenommen.

Aehnliche Vorrichtungen hat Lamont construirt, um die Bodentemperatur bis zu 4 Fuss Tiefe zu ermitteln.

Fig. 282 (a. f. S.) stellt nach Lamont's Beobachtungen zu Bogenhausen die jährliche Curve der Bodentemperatur für eine Tiefe von 4, 12 und 20 Fuss dar. Die Figur zeigt deutlich, wie die Grösse der Temperaturschwankungen mit der Tiefe abnimmt und wie das jährliche Maximum und Minimum der Temperatur um so später eintritt, je weiter man in Tiefe geht. So fällt z. B. in einer Tiefe von 20 Fuss das Minimum Temperatur (ungefähr 6,4° R.) auf den Mai, das Maximum (8° R.) den Anfang November.

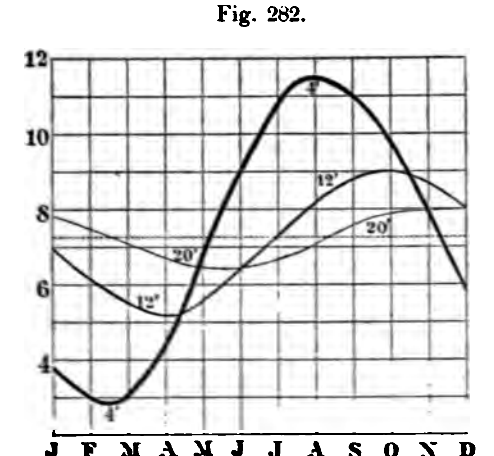
Das Jahresmittel der Temperatur ist für die verschiedenen Tiefen Lamont'schen Beobachtungen nahezu dasselbe, nämlich 7,2, also gleich der mittleren Lufttemperatur für München.

Wie die Lufttemperatur in einzelnen Jahren bald mehr, bald we- r von dem normalen Gange abweicht, so ist dies auch bei der Boden- eratur der Fall, nur sind die Abweichungen in der Tiefe geringer. len Jahren 1861, 1862 und 1863 war die Bodentemperatur fast

durchgängig höher, in den Jahren 1864 und 1865 aber stets t nach dem aus den fünf Beobachtungsjahren von 1861 bis 186 leiteten normalen Gange.

In solchen Gegenden, deren mittlere Jahrestemperatur un Gefrierpunkte ist, einer bestimmten T Boden stets gefroren ist z. B. zu Jakut: sen mittlere Jahreste — 9,7° C. ist, wie sc erwähnt wurde, trotz deutenden Sommerw einiger Tiefe der B ständig gefroren. In nung, Wasser zu find Ermann hier einen an, fand aber in ei von 50 Fuss noch e peratur von — 7,5° Brunnen wurde spä Schergin bis auf vertieft. Folgendes sind die Temperaturen des Bodens in denen Tiefen:

Fig. 282.




| | |
|---|---|
| 15,2m . . . . . . . | — 7,5° C. |
| 23,5 . . . . . . . | — 6,9 |
| 36,3 . . . . . . . | — 5,0 |
| 116,5 . . . . . . . | — 0,6 |

Wenn man von der Bodentemperatur eines Ortes s versteht man darunter die Temperatur des Bodens in einer welcher eben die jährlichen Variationen verschwinden. Solch welche die Orte gleicher Bodenwärme mit einander verbinden Isogeothermen genannt. Tab. XVI stellt den Lauf der Isogeo neben dem der Jahresisothermen dar. Die Jahresisothermen s ausgezogene mit arabischen Ziffern bezeichnete Curven, wä Isogeothermen feiner gezogen und durch römische Zahlen b sind. Zwischen den Jahresisothermen von 12 und 16° R. ist d temperatur sehr nahe dem Jahresmittel der Lufttemperatur glei halb der Tropen ist die Bodentemperatur niedriger, in kälteren ist sie höher als das Jahresmittel der Lufttemperatur. So sieht Tab. XVI, dass die Isogeotherme von 4° R. für einen grossen T Laufes der Isotherme von [illegible]° nahe liegt und dieselbe in zw schneidet.

Um den Lauf der Isogeothermen zu bestimmen, musste K

n Mangels an unmittelbaren Beobachtungen der Bodentemperatur zu ellentemperaturen seine Zuflucht nehmen.

Nach den Beobachtungen von Schlagintweit befindet sich die geotherme von 0° in der Tauernkette (höchster Gipfel des Gross ckner, etwas über 12 000 Fuss) in einer Höhe von 10 400 Fuss, wo s Jahresmittel der Lufttemperatur ungefähr — 5,6° R. beträgt.

**Innere Erdwärme.** Wenn man in der Erdoberfläche über den 189 kt hinab vordringt, in welchem die jährlichen Temperaturschwan- gen verschwinden, so findet man eine mit wachsender Tiefe stets zu- ende Temperatur. In Bergwerken war diese Erscheinung schon e bemerkt worden, ehe man noch regelmässige Beobachtungen dar- anstellte; die Bergleute wussten, dass in der Tiefe nicht allein die peraturveränderungen nicht mehr fühlbar sind, sondern dass es da- t auch ausserordentlich warm ist.

Saussure fand zu Bex im Canton Waadt in einem Schachte, wel- seit drei Monaten von Niemandem befahren worden war, eine Tem- tur von

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 14,4° C. | in | einer | Tiefe | von | 312 Fuss |
| 15,6 | " | " | " | " | 550 " |
| 17,4 | " | " | " | " | 660 " |

Später wurden ähnliche Messungen in den Bergwerken der ver- edensten Gegenden angestellt, und alle führten zu dem gleichen Re- ate, wenn sich auch nicht an allen Orten das gleiche Gesetz der mezunahme herausstellte. Die in dieser Beziehung gefundenen Un- hheiten sind aber sehr erklärlich, wenn man bedenkt, dass die ver- edenen Felsmassen, in welchen die Schachte angelegt sind, nicht gleich Wärmeleiter sind, dass es nicht gleichgültig sein kann, ob man von Höhe eines Berges, von der Sohle eines Thales oder von der Ebene iedergeht, dass die Tagwasser, welche in den Boden einsinken, mehr weniger störend auf die Regelmässigkeit der Wärmezunahme ein- en müssen.

Wie in Schachten, so beobachtet man auch in Bohrlöchern eine mit Tiefe stets wachsende Temperatur. Magnus fand z. B. in einem rloch bei Rüdersdorf in der Mark Brandenburg, welches bis zu Fuss unter den Meeresspiegel hinabreicht, folgende Temperaturen:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 10,625° C. | in | einer | Tiefe | von | 60′ |
| 11,875 | " | " | " | " | 200 |
| 14,212 | " | " | " | " | 400 |
| 17,250 | " | " | " | " | 680 |

In dem Bohrloche des artesischen Brunnens zu Grenelle bei Paris nd man in einer Tiefe von 1650 Fuss die Temperatur von 27,7° C., in

dem zu Neusalzwerk in Westphalen in einer Tiefe von 2050 Fuss Temperatur von 32,75° C.

Im Durchschnitt entspricht ein Tiefergehen von 90 bis 100 einer Temperaturerhöhung von 1° C. Vorausgesetzt, dass bei weit Eindringen in die Erdrinde die Temperatur nach dem gleichen Ge zunähme, müsste man bereits in einer Tiefe von 10 000 Fuss die Te ratur des siedenden Wassers finden, und in einer Tiefe von ung fünf geographischen Meilen müsste eine Hitze herrschen, bei we Gusseisen und Basalt flüssig sind.

Alle in diesem Paragraphen besprochenen Thatsachen deuten darauf hin, dass sich das Innere der Erde in feurig-flüssigem Zus befinde. Dieser glühende Erdkern wird von einer erstarrten Hüll verhältnissmässig geringer Dicke, der festen Erdrinde, eingeschl deren Leitungsfähigkeit so gering ist, dass die eigene Wärme des körpers auf der Oberfläche desselben nicht mehr merklich und sein In vor fernerer Erkaltung geschützt ist.

Nur bei vulcanischen Ausbrüchen und in heissen Quellen drin innere Erdwärme noch bis zur Oberfläche der Erde hervor.

Der Umstand, dass die Erde eine der gegenwärtigen Lage Umdrehungsaxe und der gegenwärtigen Umdrehungsgeschwindigkei sprechende Abplattung hat (siehe Seite 69), beweist, dass der ganze körper früher im flüssigen Zustande war, und aus geologischen U suchungen geht hervor, dass dies nur ein feurig-flüssiger Zustan wesen sein könne. In jener Periode des feurig-flüssigen Zustandes also Axenlage und Umdrehungsgeschwindigkeit dieselben wie jetzt.

Allmälig erstarrte die Erdoberfläche, aber noch lange, währe feste Erdrinde nach und nach an Dicke zunahm, war die innere wärme auf ihrer Oberfläche merklich, wie aus den Pflanzenpetre früherer Schöpfungsperioden hervorgeht.

Die paläozoischen Gebilde, denen auch die Steinkohlen angehören, zeigen eine auffallende Gleichförmigkeit in ihrer Ausbr über die Erde. In Europa und Asien, in Amerika und Australie Cap der guten Hoffnung wie in Grönland, kurz vom 75. Grade nörd bis zum 50. Grade südlicher Breite enthalten sie, wenn auch nicht i ganz die gleichen, doch stets analoge Arten, deren Aehnlichke gleiche physikalische Verhältnisse schliessen lässt, unter denen sie l

Eine besonders hervorragende Rolle spielen in der Steinkohl die Farn, welche, oft die Höhe mässiger Bäume erreichend, fast die aller Pflanzenarten jener Periode bilden. Gegenwärtig finden sic baumartigen Farn nur noch in den Tropengegenden und zwar vo weise auf Inseln. Auf den tropischen Inseln Westindiens bilden die 1/10, auf Neuseeland 1/6, auf Tahiti 1/4, auf St. Helena sogar 1/2 de sammten Vegetation. Danach aber ist man berechtigt, die Flor Steinkohlenzeit als eine Inselflora mit tropischer Wärme zu

ahnen. In der Steinkohlenperiode war also eine tropische Wärme mit rmer Feuchtigkeit über die ganze Erde verbreitet.

Dass in jenen Zeiten überhaupt eine höhere Temperatur auf der oberfläche herrschte, erklärt sich dadurch, dass die erkaltete feste rinde bei weitem noch nicht die Dicke hatte wie gegenwärtig. In Steinkohlenperiode konnte die Dicke der festen Erdrinde höchstens 0 Meter betragen, und in einer Tiefe von 100 Metern herrschte be- die Temperatur des siedenden Wassers, was gegen jetzt eine directe peraturerhöhung der Climata um ungefähr $1^1/_2$ Grad auf der Erd- fläche zur Folge haben musste. Die gleichförmigere Verbreitung der me auf der Erdoberfläche wurde aber in der Steinkohlenperiode durch Meere vermittelt, welche noch nicht wie heutzutage durch bedeutende inente unterbrochen, durch mächtige Strömungen die Wärme der atorialzone weit ungehinderter den höheren Breiten zuführen und mildernden Einfluss weit mehr geltend machen konnten als jetzt.

Dazu kommt noch, dass bei dem massenhaften Zuströmen warmen ers gegen die Pole hin bedeutende Nebel und Wolkenmassen sich n mussten, welche die Polargegenden wie eine schützende Hülle um- n und die erkaltende Wirkung der nächtlichen Strahlung hinderten.

Zur paläozoischen Zeit war die Temperatur der Aequatorialzone scheinlich nicht viel höher als jetzt, während in höheren Breiten auf von warmem Wasser umspülten Inseln sich eine tropische Flora ickeln konnte.

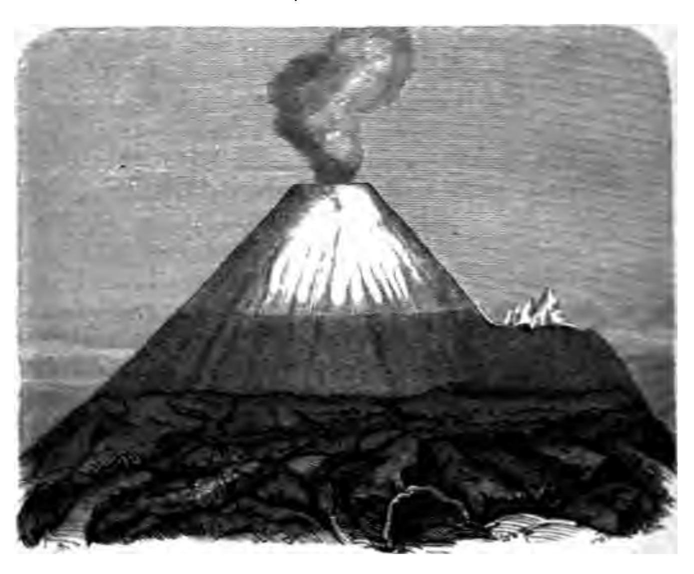
Gegenwärtig ist die schlechtleitende feste Erdrinde so dick, dass merkliche Erkaltung des Erdkernes mehr stattfinden kann, und Gleichgewicht stattfindet zwischen der Wärmemenge, welche die berfläche von der Sonne empfängt, und derjenigen, welche sie wieder den Himmelsraum ausstrahlt.

**Vulcane.** In verschiedenen Gegenden der Erde findet man Berge **190** ehr oder weniger kegelförmiger Gestalt, auf deren Gipfel sich eine erförmige Vertiefung, der Krater, befindet. Dieser Krater hat eine kreisrunde Gestalt und der Kegel, welcher ihn trägt, besteht entheils aus aufgeschütteten Materialien, weshalb er als Aschenkegel ichnet wird. Als besonders charakteristische Beispiele solcher Krater- , welche man als Vulcane bezeichnet, mag der Cotopaxi in Süd- rika, Fig. 283, und der Vulcan der Insel Barren im Golf von Ben- , Fig. 284 (a. f. S.), dienen.

Eine Erscheinung, welche derartigen Bergen ein besonderes Interesse iht, sind die vulcanischen Ausbrüche oder Eruptionen, welche mehr oder minder langen Perioden der Ruhe stattfinden und deren aler Verlauf im Wesentlichen folgender ist: Nach vorausgegangenem irdischem Getöse, welches von einer Erschütterung des Bodens be- ist, entsteigen dem Krater ungeheure Massen von Wasserdampf, rend zugleich ein Auswurf von erdigen, steinigen, zermalmten und

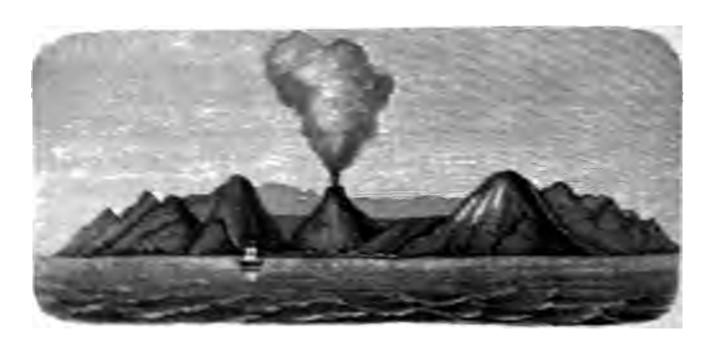
zerriebenen Massen, sogenannter vulcanischer Asche, stattfin
Häufig sind diese Erscheinungen noch von dem Hervorbrechen geschm
zener Gesteinsmassen, der Lava, begleitet, welche, meist aus seitlic
Spalten hervorquellend, an dem Abhange des Berges herabfliessen.

Fig. 283.



In solchen Fällen, wo man, z. B. wie auf Stromboli, selbst wäh
der Eruption, in den Krater hinabsehen kann, erblickt man dens
zum Theil mit geschmolzener rothglühender Lava erfüllt. Mäch
Dampf- und Gasblasen steigen durch die zähflüssige Masse in die 

Fig. 284.



platzen mit einem puffenden Geräusch und lassen dicke weisse Dam
[illegible] austreten, welche glühende Lavafetzen mitreissen. Im Kra
[illegible] auf Hawai befinden sich glühende Lavaseen von 500 Me

rchmesser, welche, beständig auf- und niederwogend, eine förmliche andung an den Kraterwänden erzeugen.

Die dem Krater entsteigenden Dämpfe breiten sich über demselben einer mächtigen Wolke aus, welcher unter Blitz und Donner ein lkenbruchartiger Regen entströmt, der in der Umgebung oft mehr haden anrichtet als die von dem Berge ausgeworfenen Schlackenmassen.

Die beim Platzen der Dampfblasen in die Höhe geschleuderten hlacken bilden eine glühende Garbe, welche der pinienförmig ausgeeiteten Wolke gleichsam als Stamm dient. Dazu kommt noch, dass aufsteigenden Dämpfe durch die glühende Lava des Kraters erleuchtet, eichfalls wie eine Feuersäule erscheinen.

Eigentliche Flammen brechen aus dem Krater nicht hervor.

Es ist hier nicht der Ort zu einer ausführlicheren Besprechung vulnischer Eruptionen, welche mehr in das Gebiet der Geologie gehört; wir rweisen in dieser Beziehung auf Vogt's Lehrbuch der Geologie, aunschweig 1871, welchem wir auch in der obigen Darstellung gefolgt id. Hier kommen die vulcanischen Erscheinungen nur als Beispiele r Reaction in Betracht, welche der innere flüssige Kern der Erde auf re äussere Rinde und Oberfläche ausübt.

Während der Eruption steht der Krater des Vulcans offenbar durch en Canal mit dem Inneren der Erde in Verbindung. In diesen Canal rd die flüssige Lavamasse durch den Druck gespannter Gase und Dämpfe hoben, welche endlich in Form von Blasen durch die geschmolzene sse hindurch ihren Ausweg in die Atmosphäre finden.

Die meisten Vulcane bieten abwechselnd Perioden der Ruhe und der ätigkeit dar, und es scheint, dass die Intensität der Ausbrüche einigerassen im umgekehrten Verhältniss zur Häufigkeit derselben steht. Die ftigsten Ausbrüche finden stets nach einer längeren Periode der Ruhe tt. Den Vesuv betrachteten die Alten für einen ausgebrannten Vul, bis der pompejanische Ausbruch seine Thätigkeit mit einer Eruption eder eröffnete, welche bis jetzt ihres Gleichen an Furchtbarkeit kaum eder gehabt hat.

Auch die Höhe der Vulcane scheint mit der Häufigkeit der Ausbrüche einiger Beziehung zu stehen, indem bei niedrigen Vulcanen die Ausüche meistens häufiger sind als bei höheren. Die Eruptionen des 925 eter hohen Stromboli finden täglich, ja fast stündlich Statt. Bei dem 00 Meter hohen Vesuv vergeht fast kein Jahr ohne Ausbruch. Längere tervalle bietet der 3400 Meter hohe Aetna, und der 5963 Meter hohe topaxi zeigt durchschnittlich in einem Jahrhundert nur eine Eruption.

**Erdbeben,** Erderschütterungen, ähnlich denen, welche wir bereits ein vulcanische Ausbrüche begleitendes Phänomen kennen lernten, ten hier und da mit einer Heftigkeit auf, welche die furchtbarsten Verrungen anzurichten im Stande ist, wie dies unter anderen folgende ispiele darthun.

Nachdem Lima schon im Jahre 1682 durch eine Erderschütterung zerstört worden war, wurde die unglückliche Stadt am 28. October 1746 abermals durch ein Erdbeben heimgesucht. In wenigen Minuten wurden 11 Kirchen, 38 Klöster und 4000 Häuser umgestürzt und in einen Trümmerhaufen verwandelt. Von den 53000 Einwohnern retteten verhältnissmässig wenige ihr Leben.

Durch das Erdbeben, welches am 1. November 1755 in Lissabon stattfand, wurden ausser anderen Gebäuden allein 32 der grössten Kirchen umgestürzt und 30000 Menschen unter den Trümmern begraben.

In den Monaten Februar und März des Jahres 1783 wurden Calabrien und Sicilien fast täglich durch heftige Erdstösse erschüttert, deren erster am 5. Februar Messina zerstörte. In jener Unglücksperiode wurden in den genannten Gegenden 400 Städte und Dörfer zerstört, wobei im Ganzen 100000 Menschen umgekommen sein sollen.

Die Stadt Carracas wurde in den Jahren 1766, 1797 und 1812 durch Erdbeben verwüstet; Sicilien wurde 1818 abermals durch ein Erdbeben heimgesucht, welches namentlich die Stadt Catanea zerstörte. Im Jahre 1822 fanden heftige Erdbeben in Syrien und in Chili Statt.

Wohl jedes Jahrhundert hat eine Anzahl heftiger Erdbeben aufzuweisen, während kein Jahr vergeht, an welchem nicht an verschiedenen Orten der Erde schwächere Erdbeben vorkommen.

Man hat beinahe ohne Ausnahme bemerkt, dass die heftigsten Erdbeben zugleich die kürzesten sind; die verheerendsten Stösse sind gewöhnlich nur das Werk weniger Augenblicke. Lissabon wurde im Jahre 1755 durch drei Stösse zerstört, welche in einem Zeitraum von 6 Minuten auf einander folgten. Messina wurde im Jahre 1783 durch zwei und Carracas im Jahre 1812 durch drei Stösse zerstört, welche letztere innerhalb einer Minute stattfanden.

Jenen Hauptstössen folgen gewöhnlich andere, minder heftige Bewegungen, welche sich Wochen, ja Monate lang wiederholen. So wurden die Bewohner von Lissabon nach der erwähnten Katastrophe noch ein Jahr lang durch stets wiederkehrende Erdstösse in Furcht und Schrecken erhalten, und nach dem Erdbeben, welches im Jahre 1783 Messina zerstörte, war der Boden in Calabrien noch sechs Jahre hindurch in beständiger Aufregung.

Im Centralpunkte eines Erdbebens erleidet der Boden zunächst heftige Stösse in verticaler Richtung, welche oft noch mit Bewegungen in horizontaler Richtung combinirt erscheinen. So soll z. B. im Jahre 1783 der Erdboden in Calabrien während der Erdstösse in einer Bewegung gewesen sein, wie Sand, welcher auf einen Tisch gestreut ist, der von unten gestossen und zugleich in horizontaler Richtung hin und her gerüttelt wird. Menschen und Wohnungen wurden durch die Erdstösse in die Höhe geschleudert, um in einiger Entfernung wieder nieder zu fallen.

Aehnliche Erscheinungen werden auch von dem Erdbeben zu Riobamba (1797) berichtet.

Von dem Orte aus, welcher von den Hauptstössen eines Erdbebens offen wird, verbreitet sich die Erschütterung des Bodens, meist wellen- sich ausbreitend, auf grössere Entfernungen hin. So wurde z. B. Erdbeben von Lissabon wenigstens auf der ganzen pyrenäischen insel verspürt und der durch dasselbe veranlasste Wellenschlag im tischen Ocean verbreitete sich bis nach Westindien hin.

Das Erdbeben, welches am 15. Juli 1855 im Visper Thal (Canton is) Häuser und Kirchen einstürzen machte, war noch in Genf, Neuf- el, Basel und Luzern stark genug, um leichte Beschädigungen an uden hervorzubringen und wurde überhaupt noch bis Genua, Va- e, Dijon, Metz, Wetzlar, Koburg und Bregenz verspürt.

Am 20. März 1861 Abends 9 Uhr wurde zu Buenos Ayres am el einer gerade still stehenden Uhr eine deutlich bemerkbare un- mässige Bewegung beobachtet, während die Schwingungen eines in Ebene von Nord nach Süd sich bewegenden Regulatorpendels, dessen hnlicher Gang nur $2^1/_2$ Grad beträgt, bis auf 8 Grad wuchsen. ge Tage später kam die Nachricht, dass an demselben Tage und zu lben Stunde die 140 deutsche Meilen entfernte Stadt Mendoza h ein Erdbeben zerstört worden sei.

Gleich der erste Stoss dieses Erdbebens war so stark, dass die ein- igen Häuser der Stadt einstürzten und so plötzlich, dass Niemanden blieb ins Freie zu flüchten und alle Einwohner, welche gerade in ihren nungen waren, erschlagen oder verschüttet wurden. Ungefähr 10000 schen, $^3/_4$ der ganzen Einwohnerschaft, kamen auf diese Weise um.

Durch starke Erdbeben werden nicht selten mehr oder weniger be- ende Spalten im Boden erzeugt. So entstanden z. B. bei dem schon fach erwähnten Erdbeben von Calabrien Erdspalten, welche über halbe Stunde lang, an 100 Fuss breit und ebenso tief waren. In lnen Fällen zeigten die beiden Lippen solcher Spalten eine merk- Höhendifferenz, so dass die eine oft 15 Fuss höher war als die re, es musste also der Boden auf der einen Seite entweder gehoben auf der anderen gesenkt worden sein.

Nach dem Erdbeben von Chili am 20. Februar 1835 war die Ober- e der Felsen auf der Insel Quiriquina bei Conception wie Glas plittert und in einen Trümmerhaufen verwandelt.

Bei dem Erdbeben von Riobamba entstanden Klüfte, die sich ab- selnd öffneten und wieder schlossen und in welchen ganze Züge von ern und beladenen Maulthieren verschwanden.

Die herrschende Ansicht über Ursprung und Wesen der Erdbeben dahin, sie als ein mit dem Vulcanismus in engster Beziehung endes Phänomen zu betrachten, sie also gleichsam einer Reaction feurig-flüssigen Erdkernes gegen die ihn einhüllende feste le zuzuschreiben. Dies ist denn auch der Grund, warum die Erd- n gerade hier besprochen werden.

Wenn auch bedeutende Erdbeben in nicht vulcanischen Gegenden

vorkommen, so sind doch solche Länder, in welchen sich gewaltige Vulcane vorfinden, wie Unteritalien und Südamerika, vorzugsweise von Erdbeben heimgesucht, und die allgemeine Meinung des Volkes geht dahin, dass die vulcanischen Kamine gleichsam als Sicherheitsventile für die im Inneren der Erde wirkenden explosiven Gewalten zu betrachten seien.

Bei dem furchtbaren Erdbeben von Riobamba war dieser Zusammenhang besonders auffallend. Nachdem der Vulcan von Pasto Monate lang mächtige Rauchwolken ausgestossen hatte, verschwanden dieselben plötzlich am 2. Februar 1797. Im Augenblicke des Verschwindens ereignete sich das Erdbeben, dessen Mittelpunkt, Riobamba, in gerader Linie 60 Stunden von dem Vulcan entfernt ist.

Der Vesuv war vom Jahre 1751 an ganz besonders thätig gewesen, bis im Januar 1755 eine plötzliche Ruhe eintrat. Dieser Ruhe folgte eine ununterbrochene Reihe von Erdbeben. Im Februar wurden die griechischen Inseln sowie das Küstenland des Mittelmeeres, im Juni Persien, im August England und am 1. November endlich Lissabon und die pyrenäische Halbinsel erschüttert.

Es ist aus mannigfachen Gründen wahrscheinlich, dass in den trachytischen und doleritischen Massen der Cordilleren Südamerikas zahlreiche Höhlungen vorhanden sind; darauf gründet Boussingault die Ansicht, dass die Erdbeben jener Gegenden wenigstens zum Theil durch ruckweise Senkung oder durch das Herabstürzen schwach gestützter Felsmassen veranlasst würden.

Volger, welcher die Erscheinungen des Erdbebens von Visp im Jahre 1855 besonders gründlich studirt hat, tritt der Lehre vom vulcanischen Ursprung der Erdbeben entschieden entgegen und sucht sie auf eine allmälige Auflösung der Gesteine zurückzuführen.

Die atmosphärische Feuchtigkeit, welche kohlensäurehaltig in das Innere der Gebirge eindringt, nagt unaufhörlich an den Schichten, auf welchen sie rinnt; ganz besonders sind diesem Auslaugungsprocess der kohlensaure Kalk, namentlich aber der Gyps unterworfen. Durch die Quellen werden den Gebirgen enorme Massen von kohlensaurem Kalk und Gyps entführt.

Die Menge des kohlensauren Kalkes, welche der Rhein jährlich an der Stadt Basel vorüberführt, würde, als dichter Kalkstein berechnet, einen Würfel von 800 Fuss Seite darstellen, und diese Masse ist den Gebirgen der Schweiz entnommen.

Noch ungleich bedeutendere Massen werden durch zahlreiche warme Quellen den Gypslagern in Wallis entführt. Die Lorenzquelle allein entführt dem Gebirge jährlich eine Gypsmasse, welche als Gypsfelsen berechnet einen Raum von 6[illegible]000 Kubikfuss einnehmen würde; diese einzige Quelle muss also im Laufe eines Jahrhunderts einen Hohlraum zwischen den Gebirgsschichten erzeugen, welche bei einer Quadratmeile Flächeninhalt etwa ¼ Fuss Höhe haben müsste.

Derartige ununterbrochene unterirdische Auslaugungen müssen aber allmäliges Einsinken und Niederbrechen der oberen Schichten zur ge haben, welches dann die unmittelbare Ursache des Erdbebens ist.

Die Erdbeben, von welchen Grossgerau (zwischen Mainz und mstadt) im letzten Jahre wiederholt heimgesucht wurde, bringt Mohr den zahlreichen Salzquellen in Verbindung, welche sich am Fusse Taunusgebirges befinden (Wiesbaden, Soden, Homburg, Nauheim etc.). ch diese Quellen werden unterirdische Salzlager ausgelaugt und auf e Weise Höhlungen erzeugt, deren Einstürzen jene Erdbeben zur ge haben.

**Quellentemperatur.** Das als Regen, Schnee, Thau u. s. w. aus **192** Atmosphäre auf den Boden gelangende Wasser kehrt theilweise durch unstung wieder in die Luft zurück, theilweise wird es durch den tationsprocess consumirt, ein sehr bedeutender Theil aber sickert in Boden ein, um an tieferen Stellen als Quellen hervorzubrechen. Wasser sickert in einem lockeren Boden nieder, bis es auf eine Lehm- Felsenschicht gelangt, die ein weiteres Vordringen hindert; ent- wird es nun auf diesen mehr oder weniger geneigten Schichten ssen, bis es am Ausgange derselben als Quelle erscheint, oder es den Felsspalten und Klüften, auf welchen es endlich wieder einen g findet. Jedenfalls nimmt das Wasser allmälig die wenig ver- liche Temperatur der Erd- und Felsschichten an, mit denen es re Zeit in Berührung steht, und so kommt es denn, dass die Tempe- der Quellen fast das ganze Jahr hindurch ziemlich constant bleibt, stens wenn sie einigermaassen wasserreich sind. Die Temperatur- nkungen solcher Quellen betragen im Laufe eines Jahres höchstens 2 Grad; ihre höchste Temperatur erreichen sie auf unserer Hemi- e im September, ihre niedrigste im März.

Die mittlere Temperatur dieser Quellen ist, wie die der Erdschichten, elchen sie kommen, meist wenig von der mittleren Lufttemperatur rtes verschieden, an welchem sie hervorbrechen; in der Regel ist Quellentemperatur etwas höher, und dieser Ueberschuss steigt in ren Breiten, wie Wahlenberg gezeigt hat, auf 3 bis 4°; dagegen en es die Beobachtungen, welche in der heissen Zone gemacht wur- wahrscheinlich, dass dort die mittlere Quellentemperatur etwas nie- r ist als die mittlere Lufttemperatur.

Es ist demnach klar, dass die Wärme der Quellen nicht allein nach Polen hin, sondern auch mit der Erhebung über die Meeresfläche immt, wie auch die folgenden Beispiele darthun.

| Quelle zu: | Höhe über dem Meeresspiegel. | Tem[p] |
|---|---|---|
| Enontekis (Lappland) . . . . . . . . . . . . . | 1602 par. Fuss | 1 |
| Umea (Schweden) . . . . . . . . . . . . . . . | 100 „ „ | 2 |
| München . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1540 „ „ | 9 |
| Krün (Isarthal) . . . . . . . . . . . . . . . | 2520 „ „ | 7 |
| Rigi Kaltbad . . . . . . . . . . . . . . . . | 4404 „ „ | 6 |
| Erste Isarquelle . . . . . . . . . . . . . . | 5726 „ „ | 3 |
| Hochthor (Pass zwischen Möll- u. Rauristhal) . | 8128 „ „ | 1 |
| Im Stollen der Goldzeche (Bergwerk auf der grossen Fleuss im Möllthale) . . . . . . . | 8858 „ „ | 0 |

Die hier zusammengestellten Quellentemperaturen sind th[eils von] Wahlenberg, theils von Schlagintweit beobachtet (Pogg. Ann. [...]

Wenn das Wasser bis zu grösseren Tiefen unter die Erd[e] eindringt und dann auf Canäle trifft, in welchen es durch d[en] statischen Druck wieder in die Höhe gehoben wird, so wird e[s] Tiefe auch eine sehr hohe Temperatur mitbringen, wie man [in der] That auch an solchen Quellen beobachtet, welche mit dem N[amen] Thermen bezeichnet werden. In der folgenden Tabelle sind d[ie Tempe]raturen einiger bekannteren Thermalquellen angegeben.

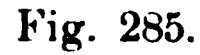
| Quelle | Temperatur | Quelle | Temperatur |
|---|---|---|---|
| Pfäffers . . . . | 37,2° C. | Baden-Baden . . . . | [illegible] |
| Wildbad . . . . | 37,5 | Wiesbaden . . . . . | 7 |
| Barrèges . . . | 40,0 | Karlsbad . . . . . . | 7 |
| Aachen . . . . | 44 bis 57,5 | Burtscheid . . . . . . | 7 |
| Bath . . . . . | 46,25 | Katharinenquellen im Kaukasus . . . . . | 8 |
| Leuck . . . . | 50,2 | Trincheros in Venezuela | 9 |
| Aix in Savoyen | 54,3 | | |
| Ems . . . . . | 56,25 | | |

Solche Quellen sind ein unwiderlegliches Zeugniss für die Temperatur, welche im Inneren des Erdkörpers herrscht.

183 **Die periodischen Springquellen Islands.** Ganz be[sonders] merkwürdige Erscheinungen bieten manche der zahlreichen heissen Q[...] Islands dar. Die ganze Insel ist vulcanischen Ursprungs. Unab[...] Schneefelder decken die Kuppen der isländischen Gebirge, von den[en] [...]ingen weitverbreitete Gletscher herabsenken. Ungeheure Wasser[...]

us den Spalten und Gewölben dieser Gletscher hervor oder ch in Cascaden von den Eiswänden herab. Trifft nun das ab- Wasser auf vulcanische Klüfte und Spalten, so wird es durch jenen Tiefen zugeführt, wo unter dem Einfluss der vulcanischen me eine Erhitzung und Dampfbildung erfolgt. Das Wasser, vereinigte Kraft der Dämpfe und des hydrostatischen Druckes bricht alsdann in mächtigen Thermen hervor.

isländischen Mineralquellen zeichnen sich durch einen grossen Kieselerde aus; sie zerfallen in saure und alkalische Kiesel-



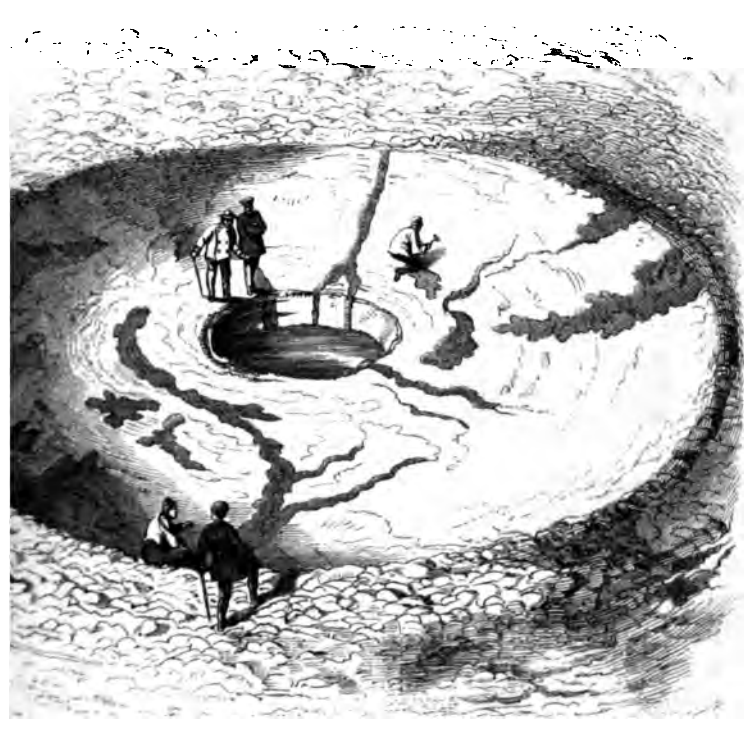


Fig. 285.

llen, und die letzteren sind es, deren grossartige und eigen- Erscheinungen wir hier näher betrachten wollen.

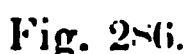
äusserst schwach alkalische Reaction dieser Quellen rührt von lkalien, sowie von schwefelsaurem Kali und Natron her, welche lerde zum Lösungsmittel dienen und die für diese Quellen so istischen Bildungen von Kieseltuff bedingen.

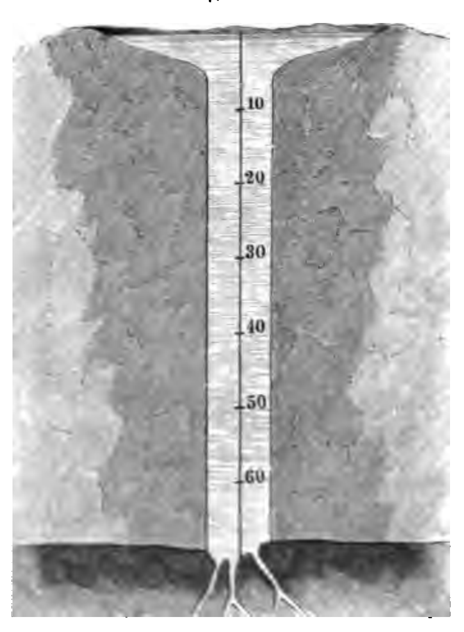
ausgezeichnetste unter den periodischen Springquellen Islands Zweifel der grosse Geysir. Auf dem Gipfel eines aschgrauen eltuff gebildeten Kegels befindet sich ein flaches Becken von

48 Fuss Durchmesser, in dessen Mitte sich ein Rohr von 9 bi[illegible]
Durchmesser bis in eine Tiefe von 70 Fuss vertical hinabsenkt.

Fig. 285 (a. v. S.) ist eine Ansicht des Geysirbeckens, [illegible]
Mitte man die Mündung des Geysirrohres erblickt. Fig. 286 [illegible]
verticalen Durchschnitt des Geysirrohres dar. Auf dem Maass[illegible]
Mitte ist die Tiefe unter dem Spiegel des Beckens, in pariser [illegible]
gedrückt, aufgetragen.

Unter den gewöhnlichen Verhältnissen ist das Becken [illegible]


Fig. 286.




klarem, seegrü[illegible]
gefüllt, welch[illegible]
Abflussrinnen [illegible]
seite des Keg[illegible]

Von Zeit [illegible]
sich ein [illegible]
Donnern höre[illegible]
im Becken sc[illegible]
grosse Dampf[illegible]
auf, welche [illegible]
fläche zerpla[illegible]
siedende W[illegible]
Fuss hoch [illegible]
werfen.

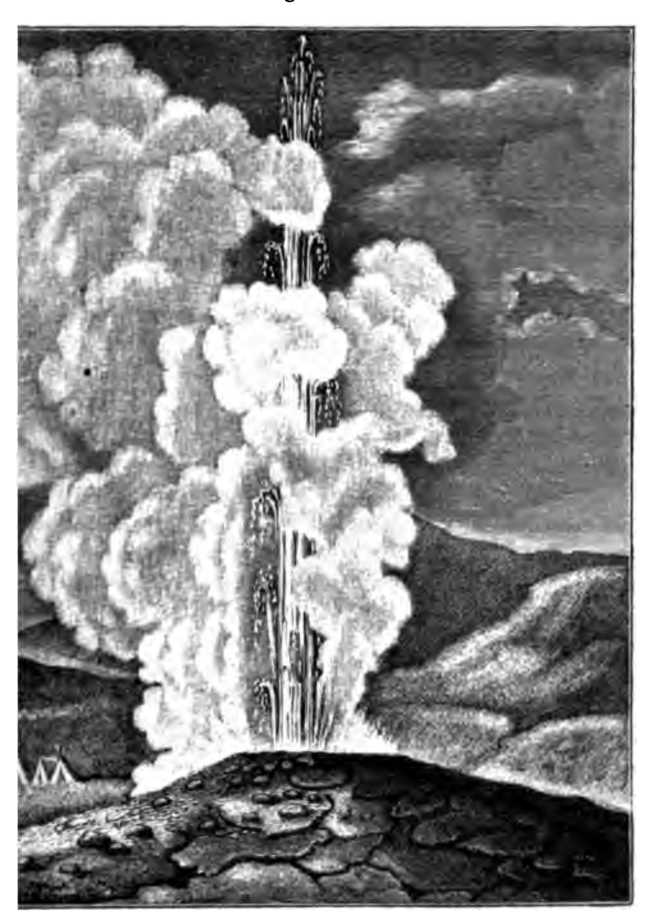
Darauf w[illegible]
still. In [illegible]
Zwischenräu[illegible]
bis 90 Minut[illegible]
sich dieselbe [illegible]
bis endlich ei[illegible]
Eruption erfo[illegible]
ser im Ba[illegible]
höher an, und [illegible]
Augenblicken schiesst ein Wasserstrahl, in feinen, blendend [illegible]
gelöst, senkrecht bis zu einer Höhe von 80 bis 100 Fuss in [illegible]
ersten folgt [illegible] zweite, eine dritte [illegible] ein höher aufsteigende[illegible]
nach. [illegible] Dampfw[illegible] wälzen sich über einander [illegible]
[illegible] Wasser[illegible] Kaum ist der letzte, alle vo[illegible]
[illegible] Steine aus der Tiefe mit [illegible]
[illegible] W[illegible] H[illegible] geschossen, so stürzt d[illegible]
[illegible] sie nur wenige Minuten gedauert hatt[illegible]
[illegible] mit Wasser gefüllte B[illegible]
vor den Augen [illegible] Beobachters, der in den [illegible]
6 Fuss [illegible] R[illegible] Wasser ruhig und still erblick[illegible]

[illegible] W[illegible] R[illegible] wieder an zu steig[illegible]
einigen St[illegible] zum Ueberlaufen gefüllt [illegible]
nahmen [illegible] 4 [illegible] 6 Stunden nach der E[illegible]

ieder ein, und nehmen alsdann ihren regelmässigen Verlauf bis en grossen Eruption, welche oft mehr als einen Tag auf sich st.

287 stellt eine Eruption des grossen Geysirs dar. Sie ist nach

Fig. 287.



nrgetreuen Oelgemälde copirt, welches Bunsen von seiner n Expedition mitbrachte.

e hundert Schritte südwestlich vom grossen Geysir liegt eine iodische Springquelle, welche der Strokkr (das Butterfass) ird. Der Strokkr hat keinen Eruptionskegel von Kieseltuff; ist trichterförmig und hat oben einen Durchmesser von 7 Fuss, s in einer Tiefe von 25 Fuss nur noch 9 Zoll weit ist. In von 40 Fuss stösst das Senkblei auf Hindernisse.

'asser des Strokkr steht 9 bis 12 Fuss unter der Mündung des

Trichters; es hat also keinen Abfluss und ist in einem beständigen hef tigen Sieden begriffen. Die Eruptionen des Strokkr sind häufiger al die des grossen Geysirs, während die jedesmal geförderte Wassermasse u gleich geringer ist. Durch die Ausbrüche des Strokkr werden stosswei nacheinander mehrere in den feinsten Staub aufgelöste Wasserstrahl bis zu einer Höhe von 120 bis 150 Fuss in die Höhe geschleudert. l nach einigen Minuten kleinere Strahlen das Schauspiel beschliessen.

Ganz in der Nähe des grossen Geysirs und des Strokkr liegen no gegen vierzig heisse Quellen, welche zum Theil gleichfalls periodis Stossquellen sind, theils tiefe mit ruhigem, dunkelgrünem, heissem W ser angefüllte Bassins bilden. Die bedeutendste unter den kleine Springquellen spritzt ihr Wasser 20 bis 30 Fuss hoch.

Der Litli Geysir (kleine Geysir) gehört einer anderen Therm gruppe an, welche acht Meilen südwestlich vom grossen Geysir lie Die Eruptionen des kleinen Geysirs, welche in Zwischenräumen von 3 Stunden stattfinden, sind nicht durch ein stossweises, auf eine kurze Z dauer beschränktes Hervorbrechen des siedenden Wassers charakteris Ihre Annäherung giebt sich durch eine allmälig zunehmende Dampfe wickelung und durch ein unterirdisches plätscherndes Geräusch zu kennen. Dann dringt kochender Wasserschaum hervor, der in langsa Perioden steigend und fallend sich immer höher und höher erhebt, bis nach etwa zehn Minuten, wo die Erscheinung ihre grösste Entwickel erreicht hat, in vertical und seitlich aufspritzenden Garben gegen bis 40 Fuss hoch emporsteigt. Dann nehmen die Strahlen an Umf und Höhe in ähnlicher Weise ab, wie sie sich erhoben, bis die Qu nach abermals zehn Minuten zu ihrer vorigen Ruhe zurückgekehrt ist

194. **Erklärung des Geysirphänomens.** Schon Lottin u Robert, welche im Jahre 1836 Island besuchten, haben gefunden, d die Temperatur der Geysircolonne von oben nach unten zunimmt. Bunsen und Descloizeaux, welche im Jahre 1846 mehrere Monate Island zubrachten, haben durch zahlreiche Messungen die Temperat verhältnisse des grossen Geysirs auf das Genaueste ermittelt, und dad den Grund zu der schönen Theorie der Geysir-Eruptionen gelegt, de welche Bunsen die Wissenschaft bereichert hat.

An der Oberfläche ist die Temperatur des Wassers im Geysirbec ziemlich veränderlich und von den Witterungsverhältnissen abhäng im Mittel beträgt sie 85° C.

Innerhalb des Geysirrohres steigt die Temperatur, kleine Stör gen abgerechnet, an jedem Punkte der Säule fortwährend von einer Er tion bis zur nächsten, wie man aus folgender Tabelle ersehen ka welche die Resultate einer Beobachtungsreihe enthält.

| he über dem Boden. | 23 Stunden | 5½ Stunden | 10 Minuten | Siedepunkt für d. jedesmaligen Druck. |
|---|---|---|---|---|
| | vor einer grossen Eruption. | | | |
| Fuss . . . | 123,6° C. | 127,5° C. | 126,5° C. | 136,0° C. |
| „ . . . | 113,0 | 120,4 | 121,8 | 124,2 |
| „ . . . | 85,8 | 106,4 | 110,0 | 117,4 |
| „ . . . | 82,6 | 85,2 | 84,7 | 107,0 |

Von unten her tritt also durch Canäle, deren Verlauf man nicht wei-
verfolgen kann, das weit über 100° erhitzte Wasser langsam in das
ysirrohr ein, während an der Oberfläche des Beckens eine fortwäh-
de Abkühlung stattfindet. Eine Folge davon ist, dass das heisse Was-
in der Mitte des Rohres aufsteigt, sich an der Oberfläche des Beckens
gen den Rand hin verbreitet und dann abgekühlt an dem Boden des
ins nach der Röhre zurückfliesst.

Aus der Betrachtung der obigen Tabelle ersieht man nun, dass das
sser an keiner Stelle und zu keiner Zeit eine so hohe Temperatur
t, wie sie erforderlich wäre, damit das Wasser bei dem auf ihr lasten-
Drucke ins Kochen gerathen könnte.

Einen Fuss über dem Boden z. B. hat das Wasser ausser dem
ck der Atmosphäre noch eine Wassersäule von 69 Fuss zu tragen;
diesem Druck aber müsste es bis auf 136° erhitzt werden, wenn das
chen beginnen sollte, während seine Temperatur hier 10 Minuten vor
grossen Eruption nur 126,5°, also 9,5° unter dem entsprechenden
dpunkte war.

In einer Tiefe von 50 Fuss, also 20 Fuss über dem Boden, wurde
z vor einer grossen Eruption die Temperatur des Wassers gleich
,8°, also nur 2,4° niedriger gefunden als der Siedepunkt (124,2°),
cher dem auf dieser Stelle lastenden Druck entspricht.

Obgleich nun die Temperatur des Wassers im Geysirrohre im All-
einen nicht den dem Druck entsprechenden Siedepunkt erreicht, so
en doch von Zeit zu Zeit einzelne Wasserparthien noch heiss genug
höheren Schichten ankommen, um Dampfblasen zu bilden, die aber
fernerem Aufsteigen in die kälteren Schichten alsbald wieder ver-
tet werden. Auf diese Weise entstehen dann die unterirdischen
nationen und die Anschwellungen des Wassers im Geysirrohre,
che im vorigen Paragraphen erwähnt wurden.

Durch eine Bildung von Dampfblasen wird aber die Wärme gebun-
, die Temperatur der Wasserschichten, aus welchen die Dampfblase
entwickelt, wird so weit erniedrigt, dass einige Zeit vergeht, bevor
neue Blasenbildung erfolgen kann. Deshalb folgt auf jede mit
er Aufwallung im Becken begleitete Detonation eine Zeit der Ruhe.

Allmälig nimmt aber die Temperatur des Wassers an allen Stellen

des Geysirrohres zu, die Dampfblasen werden grösser und mächtige
dass sie theilweise noch die Oberfläche des Wassers erreichen. En
aber werden die Dampfblasen mächtig genug, um eine bedeutende
sermasse aus dem Geysirrohre hinauszuschleudern, und dies ist das
erste Anstoss zu einer grossen Eruption. Indem nämlich durch
Dampfblasen ein Theil der Wassersäule aus dem Rohre hinausges
dert wird, wird der Druck, welcher auf den tieferen Schichten last
weit vermindert, dass auf einmal eine so massenhafte Dampfentwicl
stattfindet, wie sie nothwendig ist, um die Eruptionen zu bewirke
wir oben kennen lernten.

Wenn z. B. eine mächtige Dampfblase so viel Wasser aus dem
hinaustreibt, dass die auf den tieferen Schichten lastende Wass
dadurch um 5 bis 6 Fuss verkürzt wird, so wird der Druck, welc
der 20 Fuss über dem Boden sich befindenden Wasserschicht las
weit vermindert, dass dieselbe schon bei einer Temperatur von u
120° ins Kochen gerathen kann. Da nun aber an dieser Stelle da
ser, wie wir oben gesehen haben, die Temperatur von 121,8° hat,
klar, dass nun hier eine so mächtige Dampfentwickelung stat
muss, dass von Neuem ungeheure Wassermassen aus dem Rohr
Höhe geschleudert werden. Dadurch werden aber auch die näc
ren Schichten ins Kochen gebracht, welche noch grössere Wasse
in die Höhe treiben, bis endlich die im Rohre aufgespart gewesene
so weit consumirt ist, dass keine weitere Dampfbildung mehr sta
kann.

Nur theilweise fällt das abgekühlte Wasser in das Bassin
ohne es jedoch ausfüllen zu können. Die ganze Wassersäule ist
stark abgekühlt, dass erst nach 4 bis 5 Stunden die erwähnten
tionen wieder eintreten können.

Der Sitz der Kraft, welcher die in kochenden Schaum ver
Wassermasse emporschleudert, ist also in dem Geysirrohre sel
nicht, wie man früher glaubte, in unterirdischen Höhlungen zu
welche abwechselnd bald mit Wasser, bald mit Dampf gefüllt sei

Wenn Bunsen's Erklärung der Geysir-Eruptionen die w
wenn er die Bedingungen des Phänomens richtig erkannt hat,
man auch im Stande sein, sie nachzuahmen. Der Apparat, den
diesem Zwecke construirt habe, ist in Fig. 288 abgebildet. Ei
fähr 5 Fuss hohe Blechröhre von 5 Zoll Durchmesser ist unten g
sen, und mündet oben in ein flaches Becken von Blech, welches et
2 Fuss im Durchmesser hat. Ungefähr in der Mitte seiner Höh
diesem Rohre ein von durchlöchertem Blech gebildetes Kohlenbec
festigt. Der ganze Apparat wird durch einen hölzernen Ring g
welcher auf drei Beinen ruht.

Das Rohr wird ungefähr bis zu seiner Mündung in das Bec
Wasser gefüllt, sein unteres Ende in einen mit glühenden Kohlen

en Ofen gesenkt und auch der mittlere Kohlenbehälter mit glü-
ohlen gefüllt.

Wassermasse zwischen den beiden Kohlenbecken wird nun nach einiger Zeit bis zu der Siedetemperatur erwärmt sein, welche dem auf ihr lastenden Druck entspricht. Beginnt nun an der Stelle des oberen Kohlenbeckens die Dampfbildung, so werden die ersten Dampfblasen nur ein Aufwallen des Wassers im Becken bewirken, bis endlich, nach einigen solchen, gleichsam vergeblichen Versuchen, eine Eruption erfolgt, welche das siedende Wasser 2 bis 3 Fuss hoch über das Bassin in die Höhe schleudert.

Fig. 288.



Betrachten wir nun zum Schlusse noch die Bildung des Geysirrohres. Der Quellenboden ist aus Tuff gebildet, welcher durch das heisse Wasser zerlegt wird. Besonders unter dem Einflusse des kohlensauren Natrons und Kalis wird die Kieselerde gelöst, ie ursprüngliche Gesteinsmasse in ein Thonlager verwandelt hes von den Kieselincrustationen der Quelle bedeckt ist.

Gehalt des Geysirwassers an kohlensaurem Kali und Natron be-
s es selbst vollständig erkaltet noch klar bleibt und eine Aus-
der Kieselerde erst bei vollständiger Verdampfung des Wassers
Daher kommt es denn, dass das Quellenbassin selbst von Kie-
en frei bleiben muss, während seine den Wasserspiegel über-
Ränder, an denen die durch Capillarität eingesogene Flüssig-
und schnell verdampft, sich mit einer Kieselkruste überklei-
diese Weise baut sich das Quellenbassin, indem es sich mit
el von Kieselsinter umgiebt, zu einer tiefen Röhre auf, die, wenn
ewisse Höhe erreicht hat, alle Bedingungen in sich vereinigt,
ielle in einen Geysir, d. h. in eine Springquelle zu verwandeln.
Kieselsinterbildungen schreiten aber unaufhörlich fort, bis sie
Laufe der Jahrhunderte eine Höhe erreicht haben, welche der
hätigkeit der Quelle ein Ziel setzt, wenn endlich die von un-
ihrte Wärme nicht mehr hinreichend ist, um bei dem erhöh-
an irgend einer Stelle des Rohrs eine Dampfbildung zu be-
Es entstehen dann grosse, mit heissem Wasser gefüllte Tuff-

s oberhalb des gegenwärtig in voller Thätigkeit begriffenen
irkes des grossen Geysirs erblickt man noch mehrere solcher

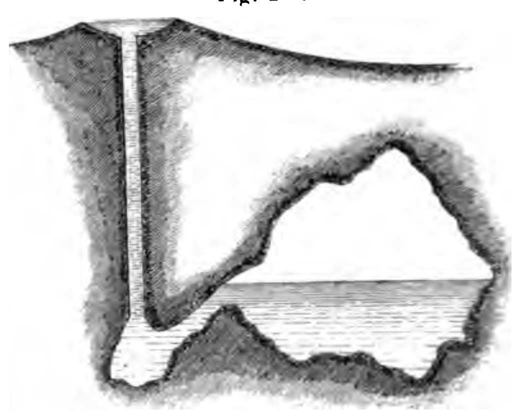
mit heissem Wasser gefüllter Behälter, in deren Tiefe man noch die Geysirmündungen durchschimmern sieht.

Die Eruptionen des Strokkr kommen wahrscheinlich in äh Weise zu Stande, wie die des grossen Geysirs, aber jedenfalls l Kraft, welche das Wasser in die Höhe schleudert, ihren Sitz n grösseren, für directe Versuche unzugänglichen Tiefe.

Anders verhält es sich mit dem Litli Geysir, dessen Ers gen von der Art sind, dass sie mit der von Makenzie zuerst au ten Hypothese unterirdischer Dampfkessel, welche man n recht auch zur Erklärung der Eruptionen des grossen Geysirs hat, in völligem Einklang stehen.

Fig. 289 dient dazu, die ältere Geysirtheorie zu erläutern Eruption erfolgt, wenn die in der seitlichen Höhlung anges

Fig. 289.



Dämpfe hinlängliche Spannkraft erlangt haben, um sich einen durch das Geysirrohr zu erzwingen.

**195** **Die heissen Quellen Neuseelands.** Während sich Südinsel Neuseelands ein riesiges Alpengebirge mit schnee Kämmen und Gipfeln erhebt, ist die Nordinsel durchaus vul Natur und es ist hier das Phänomen der heissen Quellen in ein artigkeit entwickelt, wie man ausser dem fast diametral gegenüb den Island nichts Aehnliches mehr auf der Erde findet.

Ungefähr im Mittelpunkte des breiteren Theiles der Nordi 1200 Fuss über dem Meere der Taupo-See ($5^1/_2$ deutsche Mei $4^1/_2$ Meilen breit).

An der Südspitze des Sees erhebt sich eine Gruppe von I gen, von denen Pihanga und Kakaramea (3500 und 2900 F dem Meere) die höchsten sind. Beide Krater gelten als erlosch die vulcanischen Kräfte der Tiefe sind noch keineswegs zur l

kommen, denn am nördlichen Abhang und am Fusse des Kakaramea dampft, brodelt und kocht es an mehr als hundert Stellen.

Der ganze nördliche Abhang des Kakaramea-Berges scheint von heissem Wasser weich gekocht und im Abrutschen begriffen zu sein. Aus allen Sprüngen und Klüften dieser Bergseite strömt heisser Wasserdampf und kochendes Wasser mit einem fortwährenden Getöse, als wären Hunderte von Dampfmaschinen im Gange.

Das Hauptquellengebiet dieser Gegend liegt jedoch am Nordwest-Abhang des Pihanga bei dem Maori-Dorf (Maori ist der Name der eingeborenen Bevölkerung) Tokanu an dem Flusse gleiches Namens.

Die gewaltige, weithin am See sichtbare Dampfsäule, die man bei Tokanu aufsteigen sieht, gehört dem grossen Sprudel Priori an. Aus einem tiefen Loch an der linken Uferwand des Tokanu-Flusses steigt eine siedend heisse Wassersäule von 2 Fuss Durchmesser, stets unter starker Dampfentwickelung 6 bis 10 Fuss hoch wirbelnd in die Höhe. Nach Aussage der Eingeborenen soll das Wasser oft mit gewaltigem Getöse mehr als 40 Fuss hoch ausgeworfen werden. In der Nähe des Priori-Sprudels befinden sich zahlreiche mit chalcedonartigem Kieselsinter überzogene Kessel, welche mit fortwährend kochendem, klarem Wasser oder mit einem graulich weissen Schlamm gefüllt sind. Ein solcher Kessel, welchen Hochstetter nur als kochenden Schlammpfuhl sah, soll nach Aussage der Eingeborenen im Jahre 1848 ein immenser Geysir gewesen sein, der eine heisse Wassersäule gegen hundert Fuss hoch ausgeworfen habe, so dass das Dorf übergossen wurde. — Auch aus anderen Wahrnehmungen geht hervor, dass in diesem Quellengebiet fortwährend Veränderungen vor sich gehen.

Eine zwei bis drei Fuss dicke mitunter völlig opalartige Decke von Kieselsinter, unter der feiner Thonschlamm liegt, bedeckt den grösseren Theil des Quellengebietes. In kleineren Löchern, wo nur heisser Wasserdampf ausströmt, steigt das Thermometer auf 98° C. Die Eingeborenen benutzen solche Dampflöcher zum Kochen und haben besondere Hütten für den Winter, die auf warmem Grunde errichtet sind. Sie nennen die heissen Quellen Puia und unterscheiden Papa-Puia, die Quellen mit klarem Wasser, welche Kieselsinter absetzen, und Uku-Puia, die kochenden Schlammpfühle und kleinen Schlammvulcane. Die zum Baden geeigneten Quellen, deren Wasser nie die Siedehitze erreicht, und alle warmen Bäder heissen Waiariki.

Wie das Südende, so ist auch das nördliche Ende des Sees durch warme Quellen bemerkenswerth, welche am Fuss des malerischen Tauhara-Berges entspringen. Wohl auf eine Meile Erstreckung, dem Ufer entlang, dampft der See, als wäre es ein See heissen Wassers. Hochstetter fand hier die Temperatur des Seewassers gleich 38° C.

Der nördlichsten Spitze des Taupa-Sees entströmt der Waikato, welcher alsbald zum mächtigsten Strom der Nordinsel anschwillt. Nach seinem Ausfluss aus dem Taupo-See strömt er ungefähr 4 Meilen weit

in nordöstlicher Richtung hin, um sich alsdann in einem grossen B
nordwestlich zu wenden und in ein Bergland einzutreten, welches
enger Felsschlucht durchbrochen hat. Hier nun befinden sich die P
von Orakeikorako, welche eines der interessantesten Quellenge
jener Gegend bilden. Hochstetter beschreibt das Schauspiel, we
sich ihm hier darbot, in folgender Weise:

„Reissenden Laufes, Stromschnelle hinter Stromschnelle bil
stürzt sich der Waikato durch ein enges, tief zwischen steil empo
genden Bergen eingerissenes Thal; — — an den Ufern aber st
weisse Dampfwolken auf, von heissen Cascaden, die in den Fluss
und von Kesseln siedenden Wassers, die von weissen Steinmassen
schlossen sind. Dort steigt eine dampfende Fontaine in die Höh
sinkt wieder nieder; jetzt erhebt sich an einer anderen Stelle eine
Fontaine. Auch diese hört auf, dort aber fangen zwei zu gleiche
an zu springen, die eine ganz unten am Flussufer, die andere geg
auf einer Terrasse, und so dauert das Schauspiel wechselnd fort. —
Ich fing an, alle die einzelnen Stellen zu zählen, wo ein kochendes
serbecken sichtbar war oder wo eine Dampfwolke ein solches and
Ich zählte 76 solcher Punkte, ohne jedoch das ganze Gebiet über
zu können, und darunter sind viele intermittirende geysirähnliche Sp
quellen, welche periodische Wassereruptionen haben.

„Dieses Quellengebiet erstreckt sich dem Waikato entlang etwa
englische Meile weit an beiden Ufern des Flusses. Der grössere
der Quellen liegt am rechten Ufer, ist aber äusserst schwer zu
lich. — — Ich musste mich auf eine nähere Besichtigung der am l
Flussufer dicht unter dem Dorfe (Orakeikorako) liegenden Quelle
schränken.

„Eine grosse 120 Schritt lange und eben so breite, aus weiss
Kieselsinter bestehende Felsplatte, die sich bis in den Waikato hi
zieht, eine wahre Sprudelschale, umfasst einige der merkwürdigsten
bedeutendsten Quellen des ganzen Gebiets, vor allem die Puia te
a Homaiterangi. Sie liegt dicht am Flussufer auf einem blasenf
erhobenen Theil der Sprudelschale. — — Meine Reisegefährten H
und Hay wollten sich am frühen Morgen den Genuss eines Bad
Waikato verschaffen und hatten eben ihre Kleider in der Nähe eine
sins voll siedenden Wassers niedergelegt, als sie plötzlich neben sich
heftige Detonation vernahmen und sahen wie das Wasser im B
mächtig aufwallte. Erschreckt sprangen sie zurück und hatten
noch Zeit, einem Guss siedend heissen Wassers zu entrinnen:
aus dem Becken wurde jetzt unter Zischen und Brausen eine dampf
Wassersäule in schiefer Richtung gegen 20 Fuss in die Höhe gewo
Noch in grösster Aufregung erzählten mir meine Gefährten ihr A
teuer mit dem heimtückischen Geyser. Als ich aber zur Stelle kam,
längst wieder alles ruhig und in dem 4 bis 5 Fuss weiten kesselförm
Becken sah ich krystallhelles Wasser nur leicht aufwallen. Es w

Temperatur von 94° C. — — — Die erste Wasser-Eruption, welche selbst beobachtete, erfolgte um 11 Uhr 20 Minuten Vormittags. Das :en war kurz vor der Eruption bis zum Rande voll. Unter deutlich ehmbarem, murmelndem Geräusche in der Tiefe des Beckens kam Wasser in immer heftigeres Kochen und wurde dann plötzlich unter n Winkel von 70° in südöstlicher Richtung 20 bis 30 Fuss hoch eworfen. Mit dem Wasser brachen unter zischendem Gebrause ge-ige Dampfmassen aus dem Kessel hervor, welche die Wassergarbe weise verhüllten. Dies dauerte $1^1/_2$ Minuten, dann nahm die aus-ende Kraft ab, das Wasser sprang nur 1 bis 2 Fuss hoch und nach Minuten hörte unter einem dumpfen gurgelnden Geräusch das Was-siel ganz auf. Als ich jetzt an das Bassin herantrat, war es leer ich konnte acht Fuss tief hinabsehen in ein trichterförmig sich ver-ndes Loch, aus dem unter Zischen Wasserdampf entwich.

„Allmälig stieg das Wasser wieder; nach zehn Minuten war das :en von Neuem voll und um 1 Uhr 36 Minuten fand eine zweite, 3 Uhr 10 Minuten eine dritte Eruption statt.

„Der Absatz dieser, wie aller umliegenden Quellen ist Kieselsin-der frische Absatz ist gelatinartig; allmälig erhärtet er zu einer siblichen, sandig sich anfühlenden Masse und endlich bildet sich aus -über einander abgelagerten Schichten ein festes Gestein von der nigfaltigsten Beschaffenheit in Farbe und Structur an verschiedenen len. — — — —

„Die Hauptquelle, welcher jene grosse Sprudelschale vorzugsweise Entstehung verdankt, liegt dicht am Fusse der aufsteigenden Hügel. st ein gewaltiger, beständig 2 bis 3 Fuss hoch aufwallender Sprudel, en klares Wasser eine Temperatur von 98° C. besitzt. — Der mich leitende Häuptling erzählte mir, dass dieser Sprudel nach dem Erd-n von Wellington im Jahre 1848 zwei Jahre lang ein Geysir ge-n sei, der gegen 100 Fuss hoch sprang und mit grosser Gewalt st grosse Steine, wenn man sie hineinwarf, wieder ausschleuderte. i in der Nähe liegende kleinere Bassins werden durch den Ab-s des Sprudels gefüllt und bilden vortreffliche natürliche Bade-ins.

„Zu beiden Seiten des beschriebenen Sprudelgebietes flussauf- und abwärts liegen, im Gebüsche der Uferbänke verborgen, zahlreiche bende Schlammtümpel, denen man sich nur mit der grössten Vorsicht ern kann, da der erweichte, von keiner Sinterdecke geschützte Boden hgiebt. — — — —

„Am gegenüberliegenden Flussufer liegt die Puia-Tuhi-tarata. Abfluss aus einem Kessel voll lichtblau schillernden Wassers bildet s dampfende Cascade über eine in grossen Terrassen zum Fluss ab-nde und in den buntesten Farben, weiss, roth und gelb schillernde terablagerung. Dasselbe Schauspiel wiederholt sich flussaufwärts f- bis sechsmal, und dazwischen bemerkt man Punkte, wo periodische

Eruptionen stattfinden, hier alle fünf, an anderen Stellen alle zehn
nuten. — —"

Sieben Meilen nordöstlich vom Taupo-See liegen nahe zusam
einige kleinere Seen, welche durch landschaftliche Schönheit ausgez
net sind und von denen der Rotorua, der westlichste, einer der grö
ist. Am Südende des Rotorua befindet sich ein weiteres Geysirge
Die Hauptquellen liegen am rechten Ufer des Puarenga-Baches.
ben bis acht derselben haben periodische Wasser-Eruptionen, sind
geysirähnliche Springquellen. Bisweilen soll es vorkommen, dass
zusammen spielen. Hochstetter war nicht so glücklich, ein s
Schauspiel mit anzusehen, sondern musste sich begnügen, eine l
Eruption des Waikito-Sprudels zu beobachten. Die Mündung
Springers liegt auf der Spitze eines von der Quelle selbst erbauten
chen Sinterkegels von etwa 100 Fuss Durchmesser und 15 Fuss
der zwischen grünem Manuka- und Farngebüsche liegend einen seh
lerischen Anblick gewährt. Der Kegel besteht aus weissem Kiesels
hat aber viele Risse und Löcher, die alle mit zierlichen Schwefelkr
len incrustirt sind; die heissen Dämpfe, welche aus diesen Löchern
strömen, riechen indess weder nach schwefliger Säure, noch nach S
felwasserstoff, sondern nur nach sublimirtem Schwefel. — In Pause
ungefähr 8 Minuten wirft der Waikito eine 2 bis 3 Fuss dicke
sersäule 6 bis 8 Fuss hoch aus. Im Januar und Februar aber s
sich in seiner ganzen Glorie zeigen und 30 bis 35 Fuss hoch sprin

Dieses heisse Quellengebiet erstreckt sich vom Whakarewarew
Laufe des Puarengabaches entlang 1½ (engl.) Meilen weit bis zu
lichen Bucht des Rotorua-Sees. Die Anzahl der kleineren Sprudel
kochenden Schlammkessel, der Schlammvulcane und Solfataren, d
diesem Gebiete liegen, muss nach Hunderten gezählt werden.

Wenden wir uns nun zum Schluss zum berühmten Rotomah
dessen Wunder alles andere weit übertreffen, was Neuseeland an h
Quellen bietet.

Der Rotomahana, d. h. der warme See, liegt im Südoste
Seedistrictes und zwar südlich vom Tarawera-See. Er ist ungefähr
Fuss (nicht ganz ¼ deutsche Meile) lang und etwa 1400 Fuss
Ausser einer grossen Anzahl kleinerer heisser Quellen, welche an
ligen Punkten zu Tage treten, liegen um den Rotomahana etw
grössere Quellenbassins, deren heisses Wasser in den See strömt,
durch dasselbe so erwärmt wird, dass es am Nordende als ein Bach
26° C. abströmt, während am Südende Bäche von 9 bis 10° C
strömen.

Das Hauptinteresse knüpft sich an das östliche Ufer des Sees
liegen die bedeutendsten Quellen, unter welchen Te Tarata am
östlichen Ende des Sees oben an steht. Dieser gewaltige kochende
del mit seinen weit in den See hineinragenden Sinterterrassen i
wunderbarste unter den Wundern des Rotomahana. Etwa 80 Fuss

dem See, an einem farnbewachsenen Hügelabhang, an welchem an
weichen durch Eisenoxyd gerötheten Stellen heisse Wasserdämpfe ent-
hen, liegt in einem kraterförmigen, nach der Seeseite offenen Kessel
steilen, 30 bis 40 Fuss hohen Wänden das grosse Hauptbassin des
dels. Es ist 80 Fuss lang und 60 Fuss breit und bis zum Rande
llt mit vollkommen klarem Wasser, welches in dem schneeweiss über-
rten Becken wunderschön blau erscheint. Am Rande des Bassins
Hochstetter die Temperatur von 84° C., in der Mitte aber, wo
Wasser fortwährend mehrere Fuss hoch aufwallt, wird es die Siede-
haben. Ungeheure Dampfwolken wirbeln auf und verhindern meist
Ueberblick der ganzen Wasserfläche.

Der Eingeborene, welcher Hochstetter als Führer diente, versicherte,
bisweilen plötzlich die ganze Wassermasse mit ungeheurer Gewalt
worfen werde und dass man alsdann 30 Fuss tief in das leere Bas-
blicken könne, welches sich aber sehr schnell wieder fülle. Nur bei
gem, lange anhaltendem Ostwinde sollen solche Eruptionen vor-
men.

Das Wasser reagirt neutral, hat einen schwach salzigen Geschmack
besitzt in hohem Grade die Eigenschaft, zu übersintern und zu in-
ren. Der Absatz ist, wie bei den isländischen Quellen, Kieselsinter
Kieseltuff und der Abfluss des Sprudels hat am Abhang des Hügels
ystem von Kieselsinter-Terrassen gebildet, welche weiss, wie aus
mor gehauen, einen Anblick gewähren, den keine Beschreibung und
Bild wiederzugeben vermag. Es ist als ob ein über Stufen herab-
ender Wasserfall plötzlich in Stein verwandelt worden wäre.

Der flach sich ausbreitende Fuss reicht weit in den Rotomahana
n. Darauf beginnen die Terrassen mit niederen Absätzen, welche
Wasserbassins tragen. Je höher nach oben, desto höher werden
erassen, 2, 3, manche auch 4 bis 6 Fuss hoch. Sie sind von einer
l halbrunder Stufen oder Becken gebildet, von welchen sich jedoch
zwei in ganz gleicher Höhe befinden. Jede dieser Stufen hat einen
n erhabenen Rand, von welchem zarte Tropfsteinbildungen auf die
Stufe herabhängen und eine bald schmälere, bald breitere Platt-
welche ein oder mehrere, im schönsten Blau schimmernde Wasser-
n umschliesst. Diese Wasserbecken bilden eben so viele natürliche
bassins, welche der raffinirteste Luxus nicht prächtiger und beque-
hätte herstellen können. Einige der Becken sind so gross, dass man
em darin herumschwimmen kann.

Vom Fusse der Tetarataquellen führt durch das Buschwerk am
elabhang hin ein Pfad nach dem grossen Ngahapu-Sprudel. Er
t von dichtem Gebüsch umschlossen, ungefähr 10 Fuss über dem See.
riesige Dampfsäule, welche stets von ihm aufsteigt, verräth seine
schon aus der Entfernung. Das Becken ist oval, 40 Fuss lang, 30
breit, das Wasser in demselben ist klar, aber fast immer in furcht-
r Aufregung; nur wenige Secunden lang ist es ruhig im Kessel;

dann wallt es wieder auf, bald mehr auf dieser, bald mehr auf je
Seite, es schäumt weiss auf, das Wasser wird 8 bis 10 Fuss hoch in
Höhe geworfen und eine furchtbare Brandung von kochend heissen W
len stürmt mit Gebrause an die Wände des Bassins.

Mit Uebergehung aller übrigen wenden wir uns schliesslich n
zu dem grossen am Westufer gelegenen Terrassensprudel Otukap
rangi. Die Stufen reichen bis zum See, die Terrassen sind jedoch n
so grossartig wie die Tetarata-Terrassen, dagegen zierlicher und fe
in ihrer Bildung. Die Plattform liegt 60 Fuss über dem See und
100 Schritte lang und breit. Sie trägt zierliche 3 bis 5 Fuss tiefe
sins mit Wasser von 30 bis 40° C. Im Hintergrunde aber liegt in ei
Krater das grosse Quellbecken, 40 bis 50 Fuss im Durchmesser
wahrscheinlich sehr tief. Es ist ein ruhiger, blau scheinender, nur d
pfender, aber nicht aufkochender Wasserspiegel. Das Wasser hat
Temperatur von 80° C. und die aufsteigenden Dämpfe riechen
schwefliger Säure. Rings um das Bassin bemerkt man gelben Schw
anflug und an den Seitenwänden des Wasserkraters hat sich Sch
stellenweise in dicken Krusten abgelagert.

Am grossartigsten jedoch zeigt sich die Solfatarenthätigkeit
nördlichen Fuss der Terrassen in der Solfatare Ta Whakatara
Er ist ein kraterähnlicher, gegen den See offener Kessel voll hei
gelblich weissen und schlammigen Wassers, welches stark sauer re
ein wahrer Schwefelsee, von dem sich ein heisser, schlammiger Str
den See ergiesst. In den Klüften der den Schwefelsee einschliess
Wände findet man prachtvolle Schwefelkrystalle abgesetzt.

196 **Temperatur der Seen und Flüsse.** In den Seen erleide
oberen Wasserschichten ziemlich bedeutende Temperaturveränderu
sie können im Winter zufrieren, während sie im Sommer oft eine
peratur von 20 bis 25° erreichen; in der Tiefe findet dies jedoch
Statt. Saussure hat in dieser Beziehung die meisten Seen der Sc
untersucht und die merkwürdige Thatsache bestätigt, dass in gr
Tiefen die Temperatur der Seen ungefähr 5° C. beträgt.

Im Sommer wirken zwei Ursachen, um die Temperatur der o
Wasserschichten zu erhöhen: die warme Luft streicht über den Wa
spiegel hin, und die von der Sonne kommenden Wärmestrahlen we
indem sie mehr oder weniger tief in das Wasser dringen, von dem
absorbirt. Die erwärmten Schichten mischen sich durch die We
bewegung, sie mischen sich aber nicht mit den Gewässern der Tiefe,
sie wegen ihres geringeren specifischen Gewichtes oben schwimmen
weil selbst die heftigste Wellenbewegung doch nur auf eine geringe
merklich ist. Im Sommer und im Herbst muss also die Temperatu
Wassers in der Tiefe niedriger sein als an der Oberfläche.

Im Winter erkalten die oberen Wasserschichten, weil sie mit der
ten Luft in Berührung sind und weil sie namentlich in der Nacht

irme ausstrahlen. Die erkaltende Schicht wird dichter, sie sinkt nie-
r und mischt sich mit dem wärmeren Wasser der tieferen Schichten;
ald sie sinkt, wird sie durch eine andere ersetzt, welche ebenfalls er-
ltet und niedersinkt u. s. w. Wenn das Wasser kein Dichtigkeits-
ximum hätte, so würden auch im Winter die tiefsten Schichten die
testen sein, die Oberfläche könnte also nicht eher die Temperatur von
annehmen, als bis die ganze Wassermasse bis auf den Boden eben so
it erkaltet wäre, und die Folge davon würde sein, dass die Seen bis
' den Grund zufrieren müssten. Weil das Wasser aber ein Dichtig-
tsmaximum hat, ist der Hergang ein anderer. Sobald die oberen
sserschichten die Temperatur des Dichtigkeitsmaximums erreicht ha-
, sinken sie nieder, andere Wassertheilchen treten an ihre Stelle, und
geht es fort, bis die ganze Wassermasse diese Temperatur hat. Wenn
, sobald dies der Fall ist, die Kälte noch fortdauert, so wird die obere
sserschicht durch ferneres Erkalten leichter; sie wird also fort und
erkalten können, ohne niederzusinken; nun nimmt die Temperatur
mit der Tiefe zu bis zu 4,1° C. Aus diesem Grunde findet auch die
bildung auf der Oberfläche Statt, die Dicke der Eisschicht kann nur
r langsam zunehmen und nie eine bedeutende Stärke erlangen.

Diese Betrachtung zeigt uns auch, dass ruhige und sehr tiefe Ge-
ser nur dann zufrieren können, wenn eine strenge Kälte längere Zeit
ält; denn die ganze Wassermasse, welche während des Sommers über
erwärmt worden ist, muss nach und nach an die Oberfläche steigen,
da ihren Wärmeüberschuss abzugeben; und wenn die wärmere Was-
masse eine Tiefe von 500 bis 600 Fuss hat, so ist klar, dass unter
st gleichen Umständen eine weit längere Zeit nöthig ist, damit alle
meren Wassertheilchen der Reihe nach auf die Oberfläche steigen,
da bis zu 4,1° zu erkalten, als wenn die Tiefe nur 20 bis 30 Fuss
rüge. An den Ufern und über Bänken von bedeutender Ausdehnung,
rhaupt an allen Stellen von geringerer Tiefe kann sich deshalb auch
on eine Eisdecke bilden und eine bedeutende Dicke erlangen, während
den tieferen Stellen die Oberfläche des Wassers vom Eise frei bleibt.

Es ist nun die Frage, bis zu welcher Tiefe die Wärme des Sommers
dringen kann. Bis jetzt hat man darüber nur sehr unvollständige
gaben. Nehmen wir z. B. an, die Sommerwärme wäre nur bis zu
er Tiefe von 500 Fuss merklich, so müsste ein 10 000 Fuss tiefer See
n so leicht zufrieren wie ein anderer, welcher nur 500 Fuss tief ist;
n bei dem ersteren hat ja alles Wasser, welches mehr als 500 Fuss
er dem Spiegel sich befindet, das ganze Jahr hindurch die Tempera-
des Dichtigkeitsmaximums; es kann also auf die Erscheinungen der
ren Wasserschichten in keiner Weise wirken.

Wenn vor dem Gefrieren einmal die ganze Wassermasse eines Sees
Temperatur von 4,1° haben muss, so muss dasselbe nach dem Auf-
nen ebenfalls stattfinden, bevor die Temperatur der oberen Wasser-
ichten über die Temperatur des Dichtigkeitsmaximums steigen kann.

In den Flüssen ist natürlich wegen der beständigen Bewegung, welche die Wasserschichten verschiedener Temperatur fortwährend mischt, die Vertheilung der Wärme weniger regelmässig als in den Landseen. Das Gefrieren beginnt in der Regel am Ufer; doch beobachtet man auch häufig, dass sich die Eisschollen mitten im Strome bilden und, anfangs ganz klein, bald eine bedeutende Grösse erlangen. Eine sehr auffallende Erscheinung ist die Bildung von **Grundeis** in den Flüssen; diese Eisbildung findet nicht auf der Oberfläche, sondern auf dem Boden Statt; wenn das am Boden gebildete Eis aufsteigt, so hebt es Steine und sonstige Gegenstände vom Boden mit in die Höhe; im Rheine werden oft die Ankerketten der Schiffbrücken durch das Grundeis in die Höhe gebracht.

Die wahrscheinlichste Erklärung des Grundeises hat **Arago** gegeben; seine Ansicht ist die, dass das Wasser oft unter den Gefrierpunkt erkaltet, ohne fest zu werden, dass aber die so stark erkalteten Wassertheilchen sogleich erstarren, wenn sie, durch die Strömung niedergezogen, mit den festen Körpern auf dem Boden in Berührung kommen.

197 **Temperatur der Meeresoberfläche.** Auf allen von Schiffen befahrenen Gegenden, auf den Aequatorialmeeren sowohl wie auf den Polarmeeren und den Meeren der gemässigten Zone sind zahlreiche Beobachtungen über die Temperatur der Luft, der Meeresoberfläche und der Meerestiefen angestellt worden, welche zahlreiche für die Wissenschaft höcht wichtige Resultate geliefert haben.

Ueber dem Meere, in grossen Entfernungen von den Küsten, sind die täglichen Schwankungen der Lufttemperatur weit geringer als auf dem Lande. Auf dem Aequatorialmeere z. B. beträgt die Differenz des Maximums und des Minimums der Temperatur eines Tages höchstens 1 bis 2°, während sie auf dem Lande 5 bis 6° beträgt; in der gemässigten Zone, zwischen dem 25. und 50. Breitengrade, ist dieser Unterschied nur 2 bis 3°, während er auf dem Lande weit grösser ist.

Das Minimum der Temperatur findet auch auf dem Meere kurz vor Sonnenaufgang Statt, die Zeit des Maximums soll aber nach einigen Beobachtern dem Mittage näher liegen als auf den Continenten.

Vergleicht man die Temperatur der Luft, welche auf dem Meere ruht, mit der der oberen Wasserschichten, so ergeben sich folgende Resultate.

In den Tropen ist in der heissesten Tageszeit die Luft wärmer als das Wasser; wenn man aber die Temperatur der Luft und des Wassers von 4 zu 4 Stunden bestimmt, wie es der Capitän **Duperrey** gethan hat, so ergiebt sich, dass im Durchschnitt die Temperatur der Luft niedriger ist als die des Wassers. Unter 1850 Beobachtungen, welche er gemacht hat, fand er 1371mal das Meer und nur 479mal die Luft wärmer.

In höheren Breiten, vom 25. bis zum 50. Grade, ist die Luft nur

in den Polargegenden fast nie wärmer als die Oberfläche des

ıch einer Zusammenstellung von Kämtz ist die Temperatur der
›berfläche für verschiedene Breiten im Durchschnitt die folgende:

Atlantischer Ocean.

| Nördliche Hemisphäre. | | | | Südliche Hemisphäre. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| e. | Temp. C. | Breite. | Temp. C. | Breite. | Temp. C. | Breite. | Temp. C. |
| | 25,9 | 42° | 15,2 | 0° | 25,9 | 42° | 11,9 |
| | 27,4 | 48 | 14,0 | 6 | 25,9 | 48 | 10,7 |
| | 25,5 | 54 | 10,5 | 12 | 25,2 | 51 | 5,3 |
| | 23,3 | 60 | 9,0 | 18 | 24,1 | 60 | — 1,7 |
| | 22,4 | 66 | — 3,6 | 24 | 24,2 | 63 | 0,0 |
| | 21,5 | 78 | — 1,4 | 30 | 20,2 | 66 | — 1,7 |
| | 19,0 | 81 | — 3,2 | 36 | 17,6 | | |

Grosser Ocean.

| Nördliche Hemisphäre. | | | | Südliche Hemisphäre. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| e. | Temp. C. | Breite. | Temp. C. | Breite. | Temp. C. | Breite. | Temp. C. |
| | 27,6 | 42° | 13,4 | 0° | 27,6 | 42° | 12,5 |
| | 27,7 | 48 | 11,9 | 6 | 27,8 | 48 | 7,6 |
| | 27,0 | 54 | 4,4 | 12 | 26,6 | 54 | — 1,7 |
| | 25,7 | 60 | 4,3 | 18 | 26,6 | 63 | — 1,0 |
| | 23,0 | 63 | 2,6 | 24 | 23,6 | | |
| | 21,7 | 69 | 0,55 | 30 | 19,6 | | |
| | 17,5 | | | 36 | 14,0 | | |

Indischer Ocean.

| . Br. | Temp. C. | Südl. Br. | Temp. C. | Südl. Br. | Temp. C. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 27,1 | 24 | 22,6 | 48 | 6,6 |
| 6 | 26,5 | 30 | 21,05 | 54 | — 0,8 |
| 2 | 25,6 | 36 | 18,2 | 60 | — 0,8 |
| 8 | 25,0 | 42 | 12,3 | 66 | — 1,7 |

Maury hat versucht, die Monatsisothermen der Meeresober
für den atlantischen Ocean zu construiren. Die Biegungen dieser C
verlaufen aber so gekräuselt, dass man in ihnen eher die Zufäll
einzelner Beobachtungen als die Wahrscheinlichkeit des allgemeine
tels erkennt.

Die höchsten beobachteten Temperaturen der Meeresoberfläche

| Temp. C. | Ocean. | Breite. | Länge (Paris). | Beobach |
|---|---|---|---|---|
| 29,2° | Atlantischer | 3,1° n. | | Kotzebue. |
| 29,2 | Indischer | 6,1° n. | 102° östl. | Meyen. |
| 29,3 | Grosser | 2,3° n. | östl. d. Gallopagas. | Humboldt |
| 29,7 | „ | 4,2° n. | 82° 56′ w. | Holmfeld |
| | „ | 7° n. | 81° w. | |
| 30,4 | „ | 5° s. | 152° w. | Beechey. |
| | „ | 19° n. | 113° o. | |
| 30,6 | „ | 2° 5′ n. | 81° 24′ w. | Holmfeld |

Im mexikanischen Meerbusen schwankt die Temperatur der
oberfläche nach Berard zwischen 20 und 29·4 Grad Celsius.

Mit dem Namen der Isokrymen bezeichnet man diejenigen
welche die Orte verbinden, an welchen die Temperatur der Mee
fläche während der 30 auf einander folgenden kältesten Tage
niedrig ist. Die Isokrymen stellen also nicht etwa den thermisc
stand der Meeresoberfläche zu irgend einer Zeit dar, sondern si
ungefähr das Minimum der Temperatur an, bis zu welchem die
ratur der obersten Meeresschichten an verschiedenen Orten her
ihre Bedeutung ist also vorzugsweise eine zoologische. So bil
die nördliche und die südliche Isokryme von 16° R. die Gränzli
die Zoophyten. Auf Tab. XXII. a. sind die Isokrymen nach D
rothe Curven aufgetragen. Die beigeschriebenen Ziffern be
Reaumur'sche Grade.

196 **Temperatur der Meerestiefen.** In den Tropen ni
Temperatur der Meere mit der Tiefe ab, in den Polarmeeren
nimmt sie mit der Tiefe zu.

Während in der heissen Zone die Temperatur der Meeresob
27° C. ist, sinkt dort die Temperatur des Wassers in der Tie
unter + 4°. Die Beobachtungen, welche am Bord der Venu
den Befehlen von Du Petit-Thouars gemacht wurden, ergaben
Temperatur der Tiefe in der heissen und gemässigten Zone
[illegible]° C.; unter 27° 47′ südl. Breite fand man z. B. im indischen M
[illegible] Tiefe von [illegible] Faden (1 Faden = 6′ englisch = 1,83 Met

nperatur 2,8°, während sie auf der Oberfläche 23,8° war; bei Penedo S. Pedro, 4° 23′ nördl. Breite und 28° 26′ westlich von Paris, an Oberfläche 27°, in einer Tiefe von 1130 Faden aber 3,2°; Kotzebue l in einer Tiefe von 525 Faden unter einer Breite von 32° 11′ die nperatur des Wassers 2,5°.

Humboldt hat gezeigt, dass die Erkaltung der Meeresoberfläche ırend der Nacht nicht die Veranlassung der geringen Temperatur der restiefen in den Tropen sein kann und dass sie nur die Folge von resströmungen ist, welche in der Tiefe die Gewässer der Pole dem uator zuführen; deshalb findet man auch in der Tiefe des mittellänhen Meeres, wo diese untere Meeresströmung nicht eindringen kann, ne so niedrigen Temperaturen.

Die Beobachtungen von Mulgrave, Scoresby, Ross und Parry en das übereinstimmende Resultat, dass in den Polarmeeren die Tematur in der Tiefe höher ist als an der Oberfläche; in einer Tiefe von 0 Faden steigt die Temperatur des Wassers auf 2 bis 3° über den llpunkt, während sie an der Oberfläche unter 0° war. Beechey dagen fand in der Behringsstrasse in einer Tiefe von 20 Faden die Temratur des Wassers — 1,4°, während sie an der Oberfläche + 6,3° beg; Beechey fand im Allgemeinen die Temperatur der Tiefe niedriger die der Oberfläche.

Dass die Temperatur der Meerestiefen niedriger ist als 4° C., d. h. driger als die Temperatur der tieferen Wasserschichten in Süsswassern, rührt daher, dass die Temperatur des Dichtigkeitsmaximums für Meerwasser eine andere ist als für das süsse Wasser.

Durch den Salzgehalt des Wassers wird sowohl sein Geerpunkt als auch die Temperatur seines Dichtigkeitsmaxims erniedrigt. Despretz fand für den Gefrierpunkt des Meerwass (das Wasser, mit welchem er experimentirte, war von Freycinet der Südsee geschöpft) — 2,55°, für die Temperatur des Dichtigkeitsximums aber — 3,67°; das Dichtigkeitsmaximum findet also bei einer nperatur Statt, welche unter der des Gefrierpunktes liegt, es kann o nur beobachtet werden, wenn das Wasser bis unter den Gefrierpunkt altet, ohne zu erstarren. Despretz untersuchte den Gang der Aushnung des Meerwassers, indem er Meerwasser-Thermometer der t construirte und beobachtete, wie sie in meinem Lehrbuch der ysik besprochen worden sind (7. Aufl., 2. Band, S. 652).

**Das Eismeer.** Bei der niedrigen Temperatur, welche in der 199 he der beiden Erdpole herrscht, muss in den Meeren jener Regionen e massenhafte Eisbildung stattfinden, die wir nun etwas näher zu bechten haben.

In den grönländischen Meeren begegnet man ungeheuren Eismassen, lche unter dem Namen der Eisfelder bekannt sind. Sie bilden eine ammenhängende Eismasse, welche zwar nur 4 bis 6 Fuss über den

Meeresspiegel hervorragt und ungefähr 20 Fuss tief untergetaucht ist, aber von einer Ausdehnung, die sich vom obersten Mastkorbe eines Schiffes nicht übersehen lässt. Manchmal sind sie gegen 25 geographische Meilen lang und 12 Meilen breit.

Die um Grönland so zahlreichen Eisfelder stammen offenbar aus dem Norden und haben ihren Ursprung zwischen Spitzbergen und dem Nordpol.

Durch Meeresströmungen südwärts getrieben können solche Eisfelder dem heftigen Wogen des Meeres nicht widerstehen, sie zerbrechen in Stücke, welche 120 bis 150 Fuss Durchmesser haben und welche entweder theilweise mit einander in Berührung bleiben, oder sich so weit von einander entfernen, dass ein Schiff zwischen ihnen hindurchfahren kann. Solche vereinzelt schwimmende Eismassen, welche auf ihrer Wanderung nach Süden mehr und mehr zertheilt werden, nennt man loses oder offenes Eis oder auch Treibeis.

Hervorragungen auf schwimmenden Eisebenen nennt man Hummocks. Sie entstehen entweder dadurch, dass ein Stück gegen das andere gepresst und in dieser Lage mit seinem Rande aufwärts gekehrt anfriert, oder dadurch, dass die Bruchstücke eines Eisstückes über eine andere Eismasse hingeschoben werden. Solche Anhäufungen erreichen manchmal eine Höhe von ungefähr 30 Fuss.

Das Eis der Eisfelder und ihrer Trümmer ist, da es durch Gefrieren des salzhaltigen Meerwassers entstanden ist, wesentlich von dem Süsswassereis verschieden. Wenn Meerwasser friert so scheiden sich die in ihm enthaltenen Salze grösstentheils aus und es bleibt in dem schwammigen Eise, welches entsteht, nur dasjenige Salz zurück, welches in dem zwischen den Eistheilchen eingeschlossenen Salzwasser enthalten ist. Das aus Meerwasser entstandene Eis ist weiss und undurchsichtig, es ist weicher und leichter als das Eis süsser Gewässer, so dass, wenn es auf dem bis zu seinem Gefrierpunkt erkalteten Meerwasser schwimmt, der aus dem Wasser hervorragende Theil sich zu dem untergetauchten verhält wie 1 zu 4.

Die Oberfläche der Eisfelder ist meistens mit festem, durchsichtigem Süsswassereis bedeckt, dessen Ursprung sich leicht erklären lässt. Während des neun Monate lang in jenen Gewässern anhaltenden Frostes werden die Eisfelder mit einer 2 bis 3 Fuss dicken Schneeschicht bedeckt. Dieser Schnee schmilzt, wenn mit Ende Juni oder Anfang Juli Thauwetter eintritt. Das geschmolzene Schneewasser, welches grösstentheils nicht abfliessen kann, friert im nächsten Winter und verstärkt das Eisfeld an seiner oberen Fläche mit einer mehrere Zoll dicken Lage Süsswassereises, während von unten her Salzwassereis anschiesst.

Die um den Monat Juni bei Spitzbergen erscheinenden Eisfelder treiben in südwestlicher Richtung gegen Grönland hin und zwar legen sie in dieser Richtung [illegible] einen Weg von 25 geographischen Meilen zurück, wenngleich der Wind meist in ganz verschieden

;en blies; die Wanderung der Eisfelder ist also offenbar durch Meeıngen bedingt. Für die bei ihrem Vordringen nach Süden un-Einflusse des Wellenschlages zerstörten und in Treibeis verwan-›mmen stets neue Eisfelder von Norden her.

haben kleinere Eisfelder von 1 bis 2 Quadratmeilen Oberfläche hende Bewegung von solcher Geschwindigkeit, dass ein Punkt des einen Weg von 3 bis 5 Fuss in der Secunde zurücklegt. ein solches Feld mit einem ruhenden oder gar mit einem in ent-etzter Richtung sich drehenden in Berührung, so entsteht ein ;er Stoss. Das schwächere Feld wird unter heftigem Krachen t, wobei sich Eisstücke von ungeheurer Grösse so über einander , dass sie 20 bis 30 Fuss über den Wasserspiegel hervorragen. ıanches Schiff ist dadurch zu Grunde gegangen, dass es das hatte, zwischen zwei an einander stossende Eisfelder zu ge-

Tab. XXII. a. sind die Gewässer, welche sich im Winter mit Eis ı, durch blaue Färbung ausgezeichnet.

den grönländischen Gewässern begegnet man bisweilen auch ıenden Eismassen, welche sich von den Eisfeldern und ihren rn dadurch unterscheiden, dass sie bei geringerem Umfange un-öher sind, als die Eisfelder, also auch bei weitem tiefer unter den ›iegel hinabreichen. Diese, mit dem Namen von Eisbergen eten Massen bestehen nur aus durchsichtigem Süsswassereis und uf ihrer Oberfläche nicht selten Steine und Grund.

bergen, welche noch weit mächtiger sind, als die, welche in den grön-›n Gewässern vorkommen, begegnet man in der Baffinsbay, her sie durch die Davis-Strasse in den atlantischen Ocean ein-nach Süden treiben. Oft 100 Fuss, ja selbst mit einzelnen Berg-und Hörnern 150 Fuss hoch über den Meeresspiegel hervor-reichen sie im Meere bis zu einer Tiefe von 500 bis 600 Fuss, och tiefer herab, wie sich am besten an gestrandeten Eisber-hweisen lässt. Couthoy fuhr im August 1827 an einem bei s Meerestiefe gestrandeten Eisberge vorbei, um welchen herum $^1/_4$ englische Meile weit getrübt war. Plötzlich stürzte er unter t fürchterlichem Krachen auf die Seite. Im September 1822 ıthoy am östlichen Rande der Newfoundlands-Bank einen in efe von 700 Fuss gestrandeten Eisberg.

. 290 (a. f. S.) stellt einen schwimmenden Eisberg dar, welchen Parry ›r ersten Reise, und Fig. 291 (a. f. S.) zeigt die wunderlichen Gestal-Eisbergen, welche Ross etwas nördlich von der Insel Disko an tküste von Grönland beobachtete. Fig. 292 endlich stellt einen dar, welcher im April 1829 südlich von Madagaskar in einer n Breite von 39° 13′ gesehen worden ist. Er schien ungefähr che Meilen im Umfang zu haben und ragte 150 Fuss über das

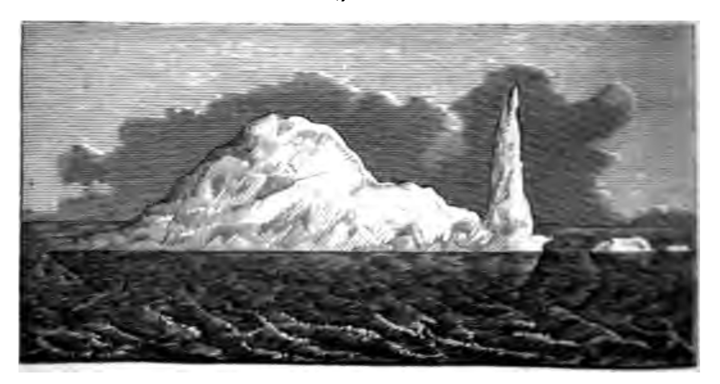
Wasser empor, im Ganzen musste er also eine Höhe von mehr als 1000 Fuss haben.

Fig. 290.

Fig. 291.



Fig. 292.



Die Eisberge dringen von beiden Polen her viel weiter gegen den
aator vor als das Treibeis. Wiederholt sind Eisberge mitten im
strom, ja noch jenseits desselben gesehen worden. Im Juli 1818
selbst in den westindischen Gewässern mächtige Eisberge erschie-
Auch antarktische Eisberge gelangen öfters in niedrige Breiten,
der bereits besprochene und in Fig. 292 abgebildete Eisberg beweist;
er Nähe des Caps der guten Hoffnung hat man sie schon bis zum
Grade südlicher Breite angetroffen.

Die phantastischen Gestalten der Eisberge prangen in der herrlich-
Farbenpracht. Bei Nacht und bei Tag glänzen sie an den weissen
en wie Silber und an den übrigen in den lebhaftesten Regenbogen-
en.

Im Sommer, wenn das Eis durch die Wirkung der Sonnenstrahlen
hmolzen wird, strömt das Wasser in ungeheuren Wasserfällen von
Kamme solcher Eisgebirge herab. Es ist dies ein majestätisches
uspiel, welches die Schiffer jedoch nur aus der Ferne betrachten;
die gigantischen, hoch in die Lüfte ragenden Eiszacken und Bogen
ten plötzlich und stürzen unter ungeheurem Krachen in das Meer herab.

Was nun den Ursprung dieser im Meere schwimmenden Eisberge
ifft, so unterliegt es keinem Zweifel, dass sie von Gletschern der
rländer stammen, von denen sich, wenn sie bis ins Meer vorgedrun-
sind, mehr oder minder bedeutende Massen lostrennen und im Meere
chwimmen.

Fig. 293 zeigt einen der mächtigen Gletscher, welche auf Spitz-
gen bis zum Meeresspiegel vordringen, und welcher hier mit einer

Fig. 293.



rechten 300 Fuss hohen Eiswand endet, deren herrlich grüne Farbe
erisch gegen das Weiss der benachbarten Schneeberge contrastirt.
lösen sich grosse Eismassen von dieser Wand los, welche krachend
das Meer hinabstürzen. Capitän Phipps beobachtete eine solche,
che in einer Tiefe von 140 Fuss Grund fasste und noch 50 Fuss über
Meeresspiegel hervorragte.

Weit mächtiger noch als die Gletscher Spitzbergens sind diejenig welche die zahlreichen Einbuchtungen im nördlichen Theile der W küste Grönlands ausfüllen. Fig. 294 stellt einen sehr schönen 6 Seem len nördlich vom Vorgebirge Dudley Digges (76° 12′ nördl. Breite)

Fig. 294.



legenen Gletscher dar, welchen Capitän Ross abgebildet hat. Die masse bedeckte einen Raum von 4 Quadratseemeilen, sie erstreckte 1 Seemeile weit in das Meer hinein und hatte eine Höhe von mindest 1000 Fuss.

Fig. 295 ist die Ansicht eines mächtigen bis in das Meer herab genden Gletschers in der Possessions-Bai der gebirgigen Insel Süd-G

Fig. 295.



gien. Die Tiefe dieses Gletschers war beträchtlicher als die der brauchten Tiefleine (304 Fuss).

Zweites Capitel.

# Luftmeer, sein Druck und seine Strömungen.

---

**le Lufthülle der Erde.** Die feste, zum Theil mit Wasser be- **200**
**Erdkugel** ist mit einer gasförmigen Hülle umgeben, welche man
**n** Namen der Atmosphäre bezeichnet. Das Gasgemenge, aus
**n** die Atmosphäre besteht, nennt man die Luft.
**e** Hauptbestandtheile der atmosphärischen Luft sind Sauerstoff-
**ıd** Stickgas, zu deren Gemisch noch verhältnissmässig geringe
**äten** von Kohlensäure und Wasserdampf gekommen sind. In
**umtheilen** Luft sind 79 Raumtheile Stickgas und 21 Raumtheile
**offgas** enthalten. Dieses Verhältniss ist fast ganz constant. Der
**an** Kohlensäure ist an und für sich sehr gering, unterliegt aber
**nissmässig** grösseren Schwankungen als Sauerstoff und Stickstoff,
**10 000** Raumtheile Luft 3,3 bis 5,3 Raumtheile Kohlensäure ent-
Noch veränderlicher ist der Gehalt an Wasserdampf, wovon im
**en** Capitel ausführlicher gehandelt werden soll.
**er** Luft kommt, wie dies in der Physik näher nachgewiesen wird,
**wie** den festen und den tropfbar-flüssigen Körpern die Eigenschaft
**hwere zu.** Die Lufttheilchen werden also von der Masse des
**pers** angezogen und dadurch auch verhindert, sich von der Erde
**den** Weltraum zu zerstreuen. Durch ihre Schwere wird die At-
**ıre zu einem** integrirenden Theile der Erde, sie nimmt Theil so-
**n ihrer** jährlichen wie an ihrer täglichen Bewegung.
**er Boden** des Luftmeeres, welches wir Atmosphäre nennen, ist der
**latz alles** organischen Lebens auf der Erde; nur durch Vermitte-
**er Luft** wird das Thier- und Pflanzenleben unterhalten. Die Dich-
**sverhältnisse** der Luft, ihre Bestandtheile, die Strömungen dersel-
**ır** Feuchtigkeitsgehalt und die durch denselben bedingten wässeri-
**iederschläge,** die Verbreitung der Wärme in der Atmosphäre sind
**esentliche** Elemente für die Entwickelung der Flora sowohl wie
**una** eines Landes.

Weil die Luft expansibel ist und das Volumen, welches ein
gebene Luftmenge einnimmt, von dem Drucke abhängt, welchem si
gesetzt ist, so ist klar, dass die Atmosphäre nicht überall gleiche
tigkeit haben kann, dass dieselbe vielmehr von unten nach obe
während abnehmen muss, weil ja die tieferen Luftschichten einer
grösseren Druck ausgesetzt sind als die höheren.

Dass die tieferen Luftschichten wirklich einen stärkeren Druc
zuhalten haben, das beweisen uns die in verschiedenen Höhen
stellten Barometerbeobachtungen. Am Meeresufer ist die Höhe d
rometersäule im Mittel 760 Millimeter; sobald man sich aber üb
Meeresspiegel erhebt, sinkt das Barometer um so mehr, je höhe
steigt; zu Potosi, in einer Höhe von 13 220 Fuss, ist der mittl
rometerstand nur noch 471 Millimeter (17,4 Zoll); in jener Höhe i
der Luftdruck nur noch 0,62 von demjenigen, welcher am Ufer de
res stattfindet.

Dass die Luft in der Höhe weniger dicht ist als in der Tiefe
sich gleichfalls durch Barometerversuche darthun. Vom Spiegel d
res aus muss man um 10,5 Meter steigen, wenn das Baromet
1 Millimeter fallen soll; wenn man aber von Potosi aus noch
steigt, so muss man sich um 16,8 Meter erheben, um ein Sinken
rometers um 1 Millimeter zu erhalten. Die Dichtigkeit der Luft
tosi verhält sich also zu der Dichtigkeit der Luft am Ufer des
wie 10,5 zu 16,8, d. h. im Niveau des Meeres ist die Luft 1,6mal
als zu Potosi, oder mit anderen Worten: die Dichtigkeit der Luft
tosi ist nur 0,62 von derjenigen, welche am Ufer des Meeres stat

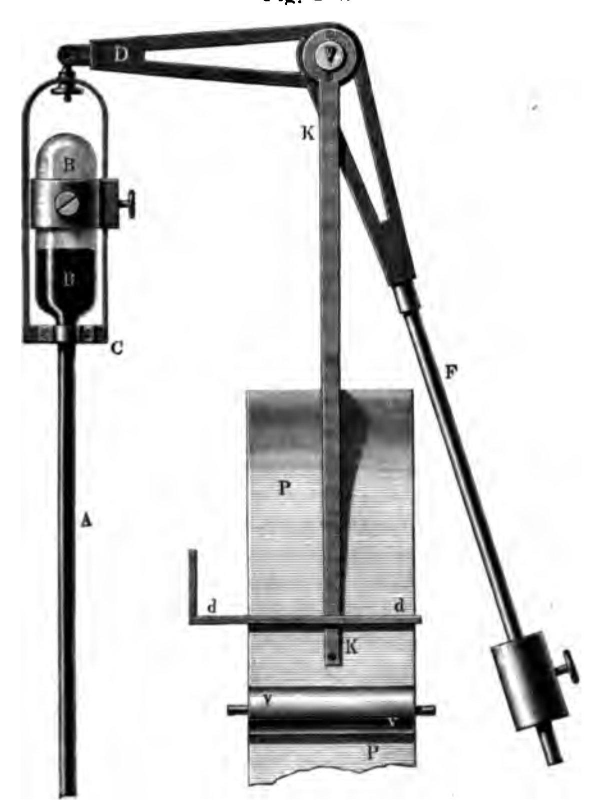
201 **Die Variationen des Barometerstandes.** Für ein
denselben Ort ist die Höhe der Barometersäule keineswegs eine be
Grösse, sie ist vielmehr fortwährenden Schwankungen unterworfen,
auf den ersten Anblick vollkommen unregelmässig erscheinen.
Gesetze der Barometerschwankungen zu ermitteln, muss das Ba
in ähnlicher Weise in regelmässigen Zeitintervallen beobachtet
wie dies beim Thermometer geschieht.

Um den Gang des Barometers möglichst genau verfolgen
nen, sollten diese Zeitintervalle möglichst kurz sein, eine Vervielfä
der Beobachtungsstunden ist aber, wenn es sich um länger fort
Beobachtungsreihen handelt, ohne zahlreiches Beobachtungsperson
möglich, man hat deshalb in neuerer Zeit vielfach versucht, re
rende Barometer zu construiren. Anfänglich wandte man zu diesem
Heberbarometer an, in deren offenem Schenkel ein eiserner S
mer in das Quecksilber eintauchte. Der Schwimmer hing mittels
Schnur an einer Rolle, welche nach der einen oder der anderen Se
dreht wurde, wenn der Schwimmer gehoben wurde oder sank; an
Rolle aber war endlich der Zeiger befestigt, dessen freies End
schreibenden Stift trug.

ese Einrichtung war aber mit mannigfachen Unvollkommenheiten t, welche Hipp dadurch zu vermeiden suchte, dass er das Queck- arometer durch ein Aneroïd-Barometer ersetzte. Secchi in ndlich, welcher auf der Pariser Industrieausstellung eine Reihe n construirter ausgezeichneter meteorologischer selbst-registriren- trumente ausgestellt hatte, brachte mit dem besten Erfolge ein ntes Wagebarometer in Anwendung, welches Wild auch für ner Sternwarte adoptirte.

e Construction des Wagebarometers ist aus Fig. 296 ersicht- Der untere Theil $A$ der Barometerröhre ist nur $6^{mm}$ weit, oben

Fig. 296.




t ein Gefäss $B$ von $32^{mm}$ innerem Durchmesser und $60^{mm}$ Höhe hmolzen. Das unten zu einer Spitze ausgezogene Ende der Röhre cht in ein $120^{mm}$ hohes, $50^{mm}$ breites, halb mit Quecksilber gefüll- lzernes Gefäss von quadratischem Querschnitt, an welchem zwei überstehende Wände durch Spiegelplatten gebildet werden. Mit- les Bügels $C$, der den engeren Theil der Röhre umschliesst, ist die neterröhre an den einen Arm $D$ eines Wagebalkens angehängt, dessen

anderer Arm $F$ nach unten gebogen ist und in eine Stahlstange mi
schiebbarem Laufgewicht ausläuft. Der Wagebalken ist um die s
Kante einer Stahlschneide drehbar, welche auf Stahlpfannen ruht,
einen scheerenförmigen Träger eingelassen sind. An dem Wage
ist endlich der dünne federnde Zeiger $K$ befestigt, welcher an
Ende die markirende Nadel trägt.

Wenn das Barometer steigt, so wird die im Rohre befindliche
silbersäule schwerer, der Wagebalken wird also auf der Seite
etwas niedergezogen, während sich $F$ mit dem Laufgewicht h
Folge davon wird natürlich auch das untere Ende des Zeigers
der rechten Seite hin bewegt, während es nach der Linken geht
das Barometer fällt.

Die von 10 zu 10 Minuten erfolgende Markirung geschie
ganz in der Weise, welche wir bereits beim registrirenden Therm
kennen lernten, mit dem einzigen Unterschiede, dass sich der Pap
fen hier in verticaler Richtung von oben nach unten bewegt,
auch aus Fig. 296 ersichtlich ist, wo die Buchstaben $K$, $P$, $d$ u
gleichen Stücke des Schreibapparates bezeichnet werden wie in F
Seite 435.

**202** **Tägliche Variationen des Barometers.** Um ent
zu können, ob mitten in den beständig stattfindenden zufälligen
kungen des Barometers sich nicht auch ein periodisches Steig
Fallen geltend macht, muss man die Mittelzahlen einer grosse
von Barometerbeobachtungen mit einander vergleichen, welch
mässig zu bestimmten Stunden des Tages angestellt worden sin
man einen Monat lang das Barometer an mehreren bestimmten
des Tages beobachtet und das Mittel aus allen zu derselben St
machten Beobachtungen nimmt, so reicht dies hin, um die Exist
täglichen Periode der Barometerschwankungen auch für unser
den zu beweisen. Die Tabelle auf Seite 573 enthält die Result
20jährigen von Bouvard auf der Sternwarte zu Paris angestell
von Barometerbeobachtungen; sie giebt die auf 0° reducirten B
stände in Millimetern an. Die Beobachtungsstunden waren 9 U
gens, 12 Uhr Mittags, 3 Uhr Nachmittags und 9 Uhr Abends.

Die erste Columne dieser Tabelle enthält die Angabe der
tungsjahre; dann folgt die Angabe des in jedem Jahre beob
höchsten und tiefsten Barometerstandes. Die für eine jede Beob
stunde angegebenen Zahlen sind das Mittel aus allen zu diese
im Laufe eines Jahres gemachten Beobachtungen; so ist z. B.
das Mittel aus allen im Laufe des Jahres 1819 um 3 Uhr Nac
beobachteten Barometerstanden.

Man sieht aus dieser Tabelle, dass die für die verschieden
achtungsstunden gefundenen jährlichen Mittel ungleich sind; s
durchgängig den höchsten Werth für 9 Uhr Morgens, den nie

| Jahr. | H. St. | Tag. Monat. | T. St. | Tag. Monat. | 9 Uhr. | 12 Uhr. | 3 Uhr. | 9 Uhr. | Mittel. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1819 | 770,89 | 1. Jan. | 738,00 | 1. März. | 754,104 | 754,863 | 754,389 | 754,789 | 754,786 |
| 1820 | 772,60 | 9. „ | 726,33 | 24. „ | 755,077 | 755,838 | 755,352 | 755,712 | 755,745 |
| 1821 | 780,82 | 6. Febr. | 715,54 | 24. Dec. | 755,986 | 755,755 | 755,285 | 755,764 | 755,697 |
| 1822 | 775,93 | 27. „ | 734,60 | 2. „ | 757,437 | 757,158 | 756,591 | 757,020 | 757,052 |
| 1823 | 772,23 | 7. Dec. | 722,34 | 2. Febr. | 755,033 | 754,796 | 754,353 | 754,633 | 754,704 |
| 1824 | 773,24 | 27. Mai. | 728,66 | 12. Oct. | 755,817 | 755,567 | 755,072 | 755,385 | 755,460 |
| 1825 | 776,35 | 10. Jan. | 726,82 | 10. Nov. | 757,742 | 757,430 | 756,873 | 756,962 | 757,252 |
| 1826 | 774,79 | 17. „ | 731,53 | 13. „ | 757,367 | 757,047 | 756,509 | 756,868 | 756,948 |
| 1827 | 773,48 | 28. Dec. | 733,50 | 4. März. | 756,211 | 755,995 | 755,484 | 755,847 | 755,884 |
| 1828 | 771,10 | 12. „ | 730,54 | 21. Febr. | 756,306 | 756,084 | 755,616 | 755,982 | 755,997 |
| 1829 | 773,46 | 3. Feb. | 734,68 | 7. Oct. | 755,377 | 755,107 | 754,641 | 755,145 | 755,068 |
| 1830 | 771,90 | 1. Jan. | 729,42 | 9. Dec. | 755,918 | 755,691 | 755,255 | 755,772 | 755,646 |
| 1831 | 772,40 | 8. „ | 733,80 | 30. April. | 755,356 | 755,157 | 754,676 | 755,176 | 755,091 |
| 1832 | 771,02 | 4. April. | 738,05 | 30. „ | 757,893 | 757,548 | 757,025 | 757,597 | 757,515 |
| 1833 | 774,04 | 8. Jan. | 730,68 | 1. „ | 755,790 | 755,508 | 754,988 | 755,521 | 755,452 |
| 1834 | 772,00 | 27. Dec. | 739,46 | 10. Jan. | 759,014 | 758,650 | 758,073 | 758,690 | 758,607 |
| 1835 | 776,63 | 2. Jan. | 730,16 | 10. Oct. | 757,270 | 756,990 | 756,494 | 757,114 | 756,967 |
| 1836 | 775,81 | 2. „ | 724,00 | 28. März. | 755,363 | 755,038 | 754,578 | 755,165 | 755,036 |
| 1837 | 772,41 | 14. Oct. | 737,74 | 13. Sept. | 756,686 | 756,381 | 755,861 | 756,360 | 756,322 |
| 1838 | 772,31 | 31. Dec. | 728,88 | 25. Febr. | 754,679 | 754,365 | 753,896 | 754,355 | 754,321 |
| 1839 | 771,53 | 1. Jan. | 735,77 | 20. „ | 755,386 | 755,102 | 754,631 | 755,048 | 755,041 |
| 1840 | 772,37 | 11. „ | 731,70 | 4. „ | 756,492 | 756,135 | 755,628 | 756,198 | 756,113 |
| Mittel | 773,51 | | 731,01 | | 756,287 | 756,009 | 755,512 | 755,957 | 755,941 |

um 3 Uhr Nachmittags; es spricht sich darin entschieden ein pe
sches Sinken und Steigen aus; die nicht periodischen Schwankung
berücksichtigt gelassen, sinkt demnach das Barometer ungefäh
9 Uhr Morgens bis 3 Uhr Nachmittags, um dann wieder zu steige
9 Uhr Morgens steht das Barometer im Durchschnitt um 0,775
meter höher als um 3 Uhr Nachmittags.

Die Amplitude der periodischen Schwankungen ist dieser
zufolge sehr gering im Vergleich zu den unregelmässigen nicht p
schen Schwankungen; denn im Durchschnitt ist der höchste Bar
stand im Laufe eines Jahres 773,5 Millimeter, der niedrigste 73
meter, ihre Differenz also 42,5 Millimeter, während die Differ
täglichen Maximums und Minimums nur 0,775 Millimeter beträgt

Um den Gang der täglichen Barometerschwankungen gehö
folgen zu können, muss eine Zeitlang wenigstens bei Tage stünd
Barometer beobachtet werden. Die meisten Beobachtungsreihen
Art sind jedoch des Nachts nicht fortgesetzt; man kann aber m
licher Sicherheit aus den am Tage gemachten Beobachtungen
Gang des Barometers in der Nacht schliessen.

Die Tabelle auf Seite 575 enthält die Resultate solcher B
tungsreihen, welche an verschiedenen Orten angestellt wurden.

Nach dieser Tabelle ist in den Figuren (Taf. 19) der G
täglichen Barometervariationen für Cumana, Calcutta, Padua und
burg anschaulich gemacht.

Die Zeit ist zur Abscisse genommen; der Maassstab der O
aber ist vergrössert, weil die Amplitude der täglichen Variationen
lich in höheren Breiten sonst wegen ihrer Kleinheit nicht sich
worden wäre; die Entfernung je zweier auf einander folgender
tallinien stellt 1/2 Millimeter dar.

Das Barometer sinkt also vom Mittag an und erreicht zw
und 5 Uhr sein erstes Minimum, es steigt dann und erreicht e
mum zwischen 9 und 11 Uhr Abends; ein zweites Minimum tri
4 Uhr Morgens, ein zweites Maximum gegen 9 Uhr Morgens ei

Die Stunden, in welchen die tägliche Variation ein Maxim
Minimum erreicht, nennt man Wendestunden.

Die Wendestunden sind bei uns nicht für alle Jahreszeite
ben, wie man aus der Tabelle auf Seite 576 ersehen kann, w
Halle die Wendestunden in den verschiedenen Monaten des Jal
hält.

| Orte. | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Entfernung vom Aequator. | 0° 0′ | 10° 28′ n. | 10° 36′ n. | 22° 35′ n. | 45° 24′ n. | 51° 29′ n. | 60° 57′ n. | 59° 66′ n. |
| Beobachter: | Horner. | Humboldt. | Boussingault. | Balfour. | Ciminello. | Kämtz. | Hallström. | Kupfer. |
| Mittags | 752,35 | 756,57 | 759,41 | 759,61 | 757,02 | 753,29 | 759,31 | 759,47 |
| 1 | 751,87 | 755,99 | 758,91 | 759,22 | 756,85 | 753,11 | 759,29 | „ |
| 2 | 751,55 | 755,47 | 758,41 | 758,39 | 756,67 | 752,99 | 759,27 | 759,38 |
| 3 | 751,15 | 755,14 | 758,12 | 758,12 | 756,54 | 752,89 | 759,25 | „ |
| 4 | 751,02 | 754,96 | 758,06 | 757,91 | 756,47 | 752,84 | 759,25 | 759,32 |
| 5 | 751,31 | 755,14 | 758,10 | 757,93 | 756,46 | 752,86 | 759,27 | „ |
| 6 | 751,71 | 755,41 | 758,40 | 758,01 | 756,50 | 752,91 | 759,29 | 759,31 |
| 7 | 751,93 | 755,81 | 758,90 | 758,02 | 756,63 | 753,02 | 759,34 | „ |
| 8 | 752,35 | 756,21 | 759,19 | 758,54 | 756,79 | 753,14 | 759,39 | 759,32 |
| 9 | 752,74 | 756,59 | 759,69 | 759,24 | 756,92 | 753,24 | 759,44 | „ |
| 10 | 752,85 | 756,87 | 759,93 | 759,33 | 757,02 | 753,31 | 759,47 | 759,36 |
| 11 | 752,86 | 757,15 | 759,98 | 759,09 | 757,02 | 753,29 | 759,47 | „ |
| Mitternacht | 752,47 | 756,86 | 759,64 | 758,80 | 757,01 | 753,23 | 759,41 | 759,35 |
| 1 | 752,20 | 756,53 | 759,34 | 758,62 | 756,90 | 753,14 | 759,33 | „ |
| 2 | 751,77 | 756,21 | 759,04 | 758,57 | 756,84 | 753,05 | 759,24 | 759,32 |
| 3 | 751,63 | 755,89 | 758,81 | 758,49 | 756,78 | 752,99 | 759,14 | „ |
| 4 | 751,32 | 755,66 | 758,68 | 758,47 | 756,74 | 752,99 | 759,07 | 759,32 |
| 5 | 751,65 | 755,79 | 758,85 | 758,44 | 756,75 | 753,34 | 759,03 | „ |
| 6 | 751,95 | 756,18 | 759,32 | 758,68 | 756,79 | 753,12 | 759,04 | 759,39 |
| 7 | 752,48 | 756,58 | 759,94 | 759,16 | 756,89 | 753,24 | 759,08 | „ |
| 8 | 752,95 | 756,98 | 760,50 | 759,88 | 757,01 | 753,37 | 759,15 | 759,49 |
| 9 | 753,16 | 757,31 | 759,63 | 760,11 | 757,08 | 753,44 | 759,21 | „ |
| 10 | 753,15 | 757,32 | 760,50 | 760,19 | 757,14 | 753,46 | 759,29 | 759,51 |
| 11 | 752,80 | 757,01 | 759,99 | 760,09 | 757,07 | 753,40 | 759,32 | „ |

| Monate. | Minimum. | Maximum. | Minimum. | Maxim |
|---|---|---|---|---|
| Januar . . . . . . | 2,81h. A. | 9,17h. A. | 4,91h. M. | 9,91h |
| Februar . . . . . . | 3,43 | 9,46 | 3,86 | 9,66 |
| März . . . . . . . | 3,82 | 9,80 | 3,87 | 10,10 |
| April . . . . . . . | 4,46 | 10,27 | 3,53 | 9,53 |
| Mai . . . . . . . . | 5,43 | 10,93 | 3,03 | 9,13 |
| Juni . . . . . . . . | 5,20 | 10,93 | 2,83 | [illegible] |
| Juli . . . . . . . . | 5,21 | 11,04 | 3,04 | [illegible] |
| August . . . . . . | 4,86 | 11,66 | 3,06 | 8,9 |
| September . . . . . | 4,55 | 10,45 | 3,45 | 9,7 |
| October . . . . . . | 4,17 | 10,24 | 3,97 | 10,0 |
| November . . . . . | 3,52 | 9,85 | 4,68 | 10,0 |
| December . . . . . | 3,15 | 9,11 | 3,91 | 10,1 |

Bestimmt man die Wendestunden, indem man das Mittel aus Monatszahlen nimmt, so ergeben sich für alle Orte sehr nahe die Wendestunden. Nimmt man alle auf der nördlichen Halbkugel stellten Beobachtungen zusammen, so ergeben sich im Durchschni gende Wendestunden:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Minimum des Nachmittags | 4 Uhr | 5 | Minuten. |
| Maximum des Abends . . . | 10 „ | 11 | „ |
| Minimum des Morgens . . | 3 „ | 45 | „ |
| Maximum des Morgens . . | 9 „ | 37 | „ |

Vergleicht man die Amplitude der täglichen Variationen, so man, wie schon angeführt wurde, dass sie in den Tropen am gr ist, und dass sie um so mehr abnimmt, je weiter man sich vo Aequator entfernt. In Cumana beträgt die Amplitude der täglich riationen 2,36, in Petersburg nur 0,2 Millimeter.

Auch die Jahreszeiten üben auf die Grösse der täglichen Varia einen Einfluss aus; selbst in den Tropen ist die Amplitude der während der Regenzeit geringer. Im Winter ist die Amplitude de lichen Schwankungen ein Minimum; zu welcher Zeit sie ein Max ist, hat man bis jetzt noch nicht genügend ermittelt. Die folgend belle giebt die Werthe der täglichen Amplitude zu Halle und M für die 12 Monate des Jahres an.

| Monate. | Halle. | Mailand. |
|---|---|---|
| | mm. | mm. |
| Januar . . . | 0,393 | 0,738 |
| Februar . . . | 0,476 | 0,718 |
| März . . . | 0,488 | 0,871 |
| April . . . . | 0,569 | 0,871 |
| Mai . . . . . | 0,546 | 0,801 |
| Juni . . . . | 0,557 | 0,961 |
| Juli . . . . . | 0,566 | 0,952 |
| August . . . | 0,569 | 0,812 |
| September . . | 0,546 | 0,817 |
| October . . . | 0,566 | 0,745 |
| November . . | 0,426 | 0,727 |
| December . . | 0,363 | 0,700 |

**ırliche Periode der Barometerschwankungen.** Wenn 203 ı mittleren Barometerstand für die verschiedenen Monate des estimmt, so findet man bald, dass er sich von einem Monate zum bedeutend ändert, und man erkennt in diesen Veränderungen d eine jährliche Periode des Sinkens und Steigens. Die beiden a Tabellen enthalten die mittleren Barometerstände der ver- ən Monate für 10 Orte der nördlichen Hemisphäre.

| .onate. | Havannah. | Calcutta. | Benares. | Macao. | Cairo. |
|---|---|---|---|---|---|
| | mm. | mm. | mm. | mm. | mm. |
| . . . . . . | 765,24 | 764,57 | 755,41 | 767,93 | 762,40 |
| . . . . . . | 760,15 | 758,86 | 752,91 | 767,01 | „ |
| . . . . . . | 760,98 | 756,24 | 751,19 | 766,08 | 759,43 |
| . . . . . . | 759,58 | 753,83 | 747,33 | 761,93 | 760,10 |
| . . . . . . | 758,19 | 750,81 | 745,01 | 761,64 | 758,23 |
| . . . . . . | 760,67 | 748,10 | 741,13 | 757,31 | 754,42 |
| . . . . . . | 760,67 | 747,54 | 740,65 | 757,91 | 753,90 |
| . . . . . . | 757,33 | 748,53 | 743,31 | 757,91 | 754,06 |
| ɜr . . . . . | 757,46 | 751,85 | 745,98 | 762,22 | 756,70 |
| . . . . . . | 758,19 | 755,20 | 750,35 | 763,37 | 759,70 |
| ːr . . . . . | 761,25 | 758,37 | 753,06 | 766,17 | 760,76 |
| r . . . . . | 763,62 | 760,59 | 755,57 | 768,65 | 761,82 |

| Monate. | Paris. | Strassburg. | Halle. | Berlin. | Petersburg |
|---|---|---|---|---|---|
| | mm. | mm. | mm. | mm. | m |
| Januar | 758,86 | 751,62 | 754,64 | 761,91 | 76 |
| Februar | 759,09 | 752,43 | 753,44 | 761,23 | 76 |
| März | 756,33 | 751,19 | 751,62 | 759,90 | 76 |
| April | 755,18 | 749,95 | 750,93 | 757,82 | 76 |
| Mai | 755,61 | 750,49 | 752,57 | 759,88 | 76 |
| Juni | 757,28 | 752,16 | 752,70 | 759,81 | 75 |
| Juli | 756,52 | 751,64 | 753,27 | 759,58 | 75 |
| August | 756,74 | 752,03 | 752,18 | 759,02 | 75 |
| September | 756,61 | 752,59 | 753,42 | 760,53 | 76 |
| October | 754,42 | 751,82 | 755,55 | 761,25 | 76 |
| November | 755,75 | 751,28 | 753,27 | 759,43 | 75 |
| December | 755,09 | 750,70 | 754,10 | 760,35 | 76 |

Um die Veränderungen des mittleren Barometerstandes im eines Jahres anschaulicher zu machen, folgt in Fig. 5 und 6 auf T die graphische Darstellung derselben für Calcutta und Macao, in und 2 Tab. 20 für Paris und Petersburg. Die Entfernung zweier Ho tallinien entspricht einer Höhendifferenz von 2 Millimetern, in vert Richtung ist also der Maassstab dieser Figuren 4mal kleiner. a Maassstab der Figuren 1 bis 4 auf Tab. 19.

In Calcutta, wo man eine achtjährige Reihe von Beobachtung gestellt hat, spricht sich die jährliche Periode am entschiedenste Im Januar ist der mittlere Barometerstand am höchsten, er sinkt b dig bis zum Juli, wo er sein Minimum erreicht, und steigt dann bis zum Januar. Die Amplitude der jährlichen Periode beträgt fü cutta 17 Millimeter; in Amerika scheint diese Amplitude, welche falls mit der Entfernung vom Aequator abnimmt, geringer zu sein.

Auch in höheren Breiten ist der mittlere Barometerstand im W höher als in allen übrigen Jahreszeiten, allein die Differenz des gr und des kleinsten Monatsmittels ist weit geringer als in den Tr Ausserdem aber ist in grösserer Entfernung vom Aequator der pe sche Gang des mittleren Barometerstandes im Laufe des Jahres weniger regelmässig, wie man sowohl aus der Tabelle, als auch in Figuren sehen kann.

204 **Einfluss der Höhe über dem Meeresspiegel auf die riodischen Schwankungen des Barometers.** Da das Barom die Grösse des Druckes anzeigt, welchen die über uns befindliche L ausübt, so werden die Schwankungen des Barometers auf hohen Berg wo eine Luftsäule von weit geringerer Höhe und Dichtigkeit drückt, geringer sein müssen als in der Tiefe, und es lässt sich erwarten, da

. Höhen über dem Meeresspiegel die Veränderungen des Luft-
ganz unmerklich werden. Dass die Erhebung über das Ni-
leeres wirklich einen solchen Einfluss ausübt, geht aus den
eobachtungen hervor, welche Kämtz auf dem Rigi und auf
orn angestellt hat, und welche in der folgenden Tabelle mit
eitigen mittleren Barometerständen der verschiedenen Tages-
Zürich zusammengestellt sind. Die Zahlen von 10 Uhr
5 Uhr Morgens sind durch Interpolation bestimmt.

| | Zürich. | Rigi. | Unter-schiede. | Zürich. | Faul-horn. | Unter-schiede. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | mm 720 + | mm 610 + | mm 100 + | mm 730 + | mm 550 + | mm 170 + |
| | 4,08 | 4,36 | 9,72 | 1,58 | 7,88 | 3,70 |
| | 3,92 | 4,37 | 9,57 | 1,25 | 7,75 | 3,50 |
| | 3,82 | 4,38 | 9,45 | 0,99 | 7,66 | 3,33 |
| | 3,72 | 4,34 | 9,38 | 0,71 | 7,59 | 3,13 |
| | 3,63 | 4,34 | 9,30 | 0,64 | 7,50 | 3,15 |
| | 3,61 | 4,30 | 9,31 | 0,76 | 7,49 | 3,27 |
| | 3,76 | 4,38 | 9,38 | 0,92 | 7,51 | 3,41 |
| | 3,95 | 4,40 | 9,57 | 1,21 | 7,41 | 3,80 |
| | 4,22 | 4,57 | 9,87 | 1,52 | 7,43 | 4,10 |
| | 4,55 | 4,70 | 9,85 | 1,72 | 7,44 | 4,27 |
| | 4,61 | 4,72 | 9,90 | 1,79 | 7,41 | 4,39 |
| | 4,68 | 4,68 | 10,00 | 1,77 | 7,36 | 4,41 |
| it. | 4,58 | 4,58 | 10,01 | 1,72 | 7,28 | 4,44 |
| | 4,43 | 4,45 | 9,99 | 1,63 | 7,19 | 4,45 |
| | 4,28 | 4,30 | 9,98 | 1,54 | 7,08 | 4,47 |
| | 4,19 | 4,17 | 10,03 | 1,51 | 6,96 | 4,55 |
| | 4,18 | 4,09 | 10,10 | 1,54 | 6,90 | 4,65 |
| | 4,25 | 4,03 | 10,23 | 1,66 | 6,90 | 4,76 |
| | 4,31 | 4,03 | 10,28 | 1,79 | 7,05 | 4,76 |
| | 4,38 | 4,05 | 10,33 | 1,97 | 7,16 | 4,80 |
| | 4,41 | 4,13 | 10,28 | 2,13 | 7,36 | 4,77 |
| | 4,38 | 4,16 | 10,22 | 2,20 | 7,62 | 4,57 |
| | 4,29 | 4,23 | 10,06 | 2,12 | 7,89 | 4,24 |
| | 4,19 | 4,34 | 9,86 | 1,87 | 7,99 | 3,97 |

zeigt sich der Einfluss der Höhe auf die Grösse der täglichen
n entschieden. Die Differenz zwischen dem höchsten und nie-
tande ist in Zürich 1,56 Millimeter, während sie auf dem Faul-

horn nur 1,09 Millimeter ist. Ausser der Grösse der Schwankun zeigt sich aber auch im Gange des Barometers eine grosse Verschieden wie man am besten aus Fig. 3 Tab. 20 ersieht, in welcher die tägli Variationen auf dem Faulhorn und in Zürich durch Curven anscha gemacht sind. Die Zahlen rechts beziehen sich auf die untere, die len links auf die obere Curve. Man sieht, dass am Nachmittag da rometer an beiden Orten sinkt; in Zürich steigt es aber von 4 U bis gegen 10 Uhr Abends, während auf dem Faulhorn das Sinke 5 Uhr Morgens fortdauert; nun steigt auf dem Faulhorn das Baro wieder bis gegen Mittag, während es in Zürich schon um 9 Uhr gens seinen höchsten Stand erreicht; auf dem Faulhorn ist also im l des Tages nur ein entschiedenes Maximum und ein entschiedenes mum wahrzunehmen.

205 **Mittlere monatliche Schwankungen.** Es ist bereits er worden, dass in unseren Gegenden die periodischen Schwankunge Barometers durch die zufälligen, nicht periodischen maskirt sind. man die periodischen Schwankungen nur durch Mittelzahlen aus fortgesetzten Beobachtungsreihen nachweisen kann. Wir wolle jetzt zur Betrachtung der nicht periodischen Schwankungen wende zunächst den Einfluss der Jahreszeiten auf die Grösse derselben k lernen.

Nach den vom physikalischen Vereine zu Frankfurt a. M. ang ten meteorologischen Beobachtungen sind Folgendes die Unters des höchsten und tiefsten Tagesmittels für jeden der zwölf Monat Jahre 1837 bis 1843 in Pariser Linien:

| | 1837 | 1838 | 1839 | 1840 | 1841 | 1842 | 1843 | M[illegible] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Januar | 9,5 | 10,5 | 15 | 13,5 | 15 | 10,5 | 18 | [illegible] |
| Februar | 13 | 15 | 10,5 | 15,5 | 10 | 13 | 13 | [illegible] |
| März | 6,5 | 12,5 | 10 | 8,5 | 13 | 12 | 7,5 | [illegible] |
| April | 8,5 | 8 | 6,5 | 8 | 8 | 11,5 | 8 | [illegible] |
| Mai | 6 | 7,5 | 7 | 11 | 7,5 | 6,5 | 7 | [illegible] |
| Juni | 3,5 | 5,5 | 7,5 | 5,5 | 8,5 | 5 | 5 | [illegible] |
| Juli | 4,5 | 5,5 | 4,5 | 6,5 | 7 | 7 | 8,5 | [illegible] |
| August | 8,5 | 7,5 | 8,5 | 6 | 8 | 7 | 5,5 | [illegible] |
| September | 8 | 9,5 | 9,5 | 9,5 | 6 | 8 | 9 | [illegible] |
| October | 11 | 8,5 | 4 | 13 | 11 | 13 | 11 | [illegible] |
| November | 13 | 12 | 7,5 | 14 | 16,5 | 14 | 7 | [illegible] |
| December | 9,5 | 9,5 | 9,5 | 12,5 | 10 | 8,5 | 7,5 | [illegible] |

an ersieht aus dieser Tabelle, dass die Grösse der nicht periodi-
Schwankungen im Sommer kleiner ist als im Winter, besonders
1 ersieht man dies aus den Mittelzahlen der letzten Columne.
man das Mittel aus den 12 Zahlen der letzten Columne, so erhält
en Werth 9,28 Pariser Linien oder 20,4 Millimeter als Durch-
swerth für die Differenz der monatlichen Extreme.
ies ist jedoch noch nicht der wahre Mittelwerth für die Grösse
natlichen Schwankungen; denn wir haben ja nicht die Differenz
Laufe eines Monats beobachteten höchsten und niedrigsten Ba-
rstandes, sondern nur den Unterschied des höchsten und des tief-
ttleren täglichen Barometerstandes in Rechnung gebracht.
e folgende Tabelle enthält die mittlere monatliche Amplitude der
terschwankungen an verschiedenen Orten der Erde.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Batavia . . . . . . | 6° | 12′ | S. | 2,98mm |
| Tivoli (St. Domingo) . . | 18 | 35 | N. | 4,11 |
| Havannah . . . . . | 23 | 9 | | 6,38 |
| Calcutta . . . . . . | 22 | 34 | | 8,28 |
| Teneriffa . . . . . . | 28 | 26 | | 8,48 |
| Funchal (Madeira) . . . | 22 | 37 | | 10,42 |
| Cap der guten Hoffnung . | 33 | 55 | S. | 12,45 |
| Rom . . . . . . . | 41 | 53 | N. | 17,15 |
| Montpellier . . . . . | 43 | 36 | | 18,02 |
| Mailand . . . . . . | 45 | 28 | | 19,24 |
| Wien . . . . . . . | 48 | 13 | | 20,53 |
| Prag . . . . . . . | 50 | 5 | | 21,54 |
| Paris . . . . . . . | 48 | 50 | | 23,66 |
| Mannheim . . . . . | 48 | 29 | | 23,66 |
| Moskau . . . . . . | 55 | 46 | | 24,05 |
| Berlin . . . . . . . | 52 | 31 | | 25,24 |
| New-Haven (Connecticut) | 41 | 10 | | 25,29 |
| Jakutzk . . . . . . | 62 | 2 | | 25,92 |
| London . . . . . . | 51 | 31 | | 27,88 |
| Petersburg . . . . . | 59 | 56 | | 29,24 |
| Nain (Labrador) . . . | 57 | 8 | | 32,35 |
| Christiania . . . . . | 59 | 55 | | 33,05 |
| Naes (Island) . . . . | 64 | 30 | | 35,91 |

ie nicht periodischen Barometerschwankungen sind also nicht allein
nter grösser als im Sommer, sondern sie sind auch in kalten Län-
edeutender als in heissen, d. h. sie nehmen im Allgemeinen um so
zu, je weiter man sich vom Aequator entfernt.
olche Linien auf der Erdoberfläche, welche alle Orte mit einander
den, für welche die mittlere monatliche Amplitude der Barometer-
kungen dieselbe ist, heissen isobarometrische Linien.

Wir können hier den Lauf der isobarometrischen Linien nicht w
ter verfolgen und müssen uns auf einige allgemeine Bemerkungen
schränken. Aus der eben mitgetheilten Tabelle ersieht man, dass
isobarometrischen Linien durchaus nicht mit den Parallelkreisen zu
menfallen. Calcutta und Havannah liegen nahe in gleicher Breite,
doch sind die Barometerschwankungen in Calcutta weit bedeutender.
der Ostküste von Nordamerika sind die zufälligen Schwankungen
Barometers viel grösser als an den Westküsten von Europa, sie si
New-Haven und dem 11° 21′ nördlicher gelegenen Berlin fast gleic
isobarometrischen Linien steigen also von den Ostküsten Nordam
nach Europa und entfernen sich dann um so weiter vom Aequat
weiter man ins Innere des Continents der alten Welt kommt.

206 **Mittlere Barometerhöhe im Niveau des Meeres.**
glaubte früher, dass der mittlere Barometerstand am Meeresspiegel
halben derselbe sei; dies ist jedoch nicht der Fall, wie man aus
der Tabelle ersehen kann, in welcher die mittleren Barometerständ
schiedener nicht merklich über dem Meeresspiegel gelegener Orte
mengestellt sind.

| | | |
|---|---|---|
| Cap der guten Hoffnung . | 33° S. | 763,01mm |
| Rio Janeiro . . . . . | 23 | 764,03 |
| Christianborg . . . . | 5° 30′ N. | 760,10 |
| St. Thomas . . . . . | 19 | 760,51 |
| Macao . . . . . . . | 23 | 762,99 |
| Madeira . . . . . . | 32 30 | 765,18 |
| Neapel . . . . . . . | 41 | 762,95 |
| Paris . . . . . . . | 49 | 761,41 |
| Edinburgh . . . . . | 56 | 758,25 |
| Reikiavig . . . . . . | 64 | 752,00 |
| Spitzbergen . . . . . | 75 30 | 756,76 |

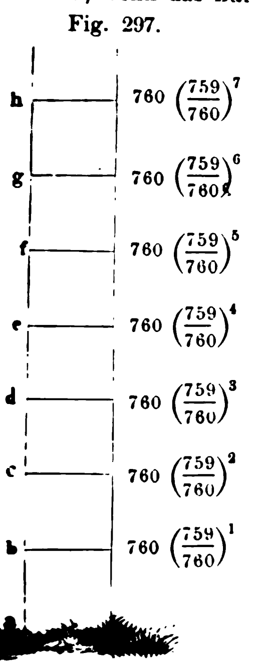
Wir sehen aus dieser Tabelle, wie dies in Fig. 4 auf Tab. 20
graphisch dargestellt ist, dass der mittlere Barometerstand am Meere
Aequator nach dem Nordpole hin erst wenig, dann rascher zun
dass er zwischen dem 30. und 40. Breitengrade sein Maximum err
dann weiter nach Norden hin wieder abnimmt und zwischen de
und 70. Grade nördlicher Breite am kleinsten ist.

207 **Barometrische Höhenmessung.** Es ist eine schon bald
Entdeckung des Barometers constatirte Thatsache, dass das Baro
um so mehr sinkt, je mehr man sich mit demselben über den Sp
des Meeres erhebt. Die Höhendifferenz zweier Orte ist also eine F
tion der gleichzeitig an denselben beobachteten Barometerstände
mit anderen Worten: wenn man an zwei nicht allzuweit von ein
entfernten Stationen zu gleicher Zeit den Stand des Barometers b

htet hat, so kann man danach den Höhenunterschied der beiden Sta- nen berechnen. Suchen wir die dazu nöthige Formel zu entwickeln.

Es ist schon im §. 200 erwähnt worden, dass man von einem Orte a, wo der Barometerstand 760 Millimeter beträgt, um 10,5 Meter stei- n müsse, wenn das Barometer um 1 Millimeter, also bis auf 759 Milli-

Fig. 297.




meter (oder, was dasselbe ist, auf $760^{759}/_{760}$ Millimeter) fallen soll. Ohne merklichen Fehler können wir annehmen, dass die ganze Luftschicht von 10,5 Meter Höhe überall gleich dicht sei, wir können annehmen, dass sie so dicht sei als am Boden. Es sei *a*, Fig. 297, ein Punkt auf dem Boden, *b* ein 10,5 Meter höher gelegener Punkt, und jeder der folgenden Punkte *c*, *d*, *e* u. s. w. liege immer wieder um 10,5 Meter höher als der nächst tiefere. Da nach dem Mariotte'schen Gesetze die Dichtigkeit der Luft dem Drucke proportional ist, unter welchem sie sich befindet, so muss die Luftschicht *bc* weniger dicht sein als *ab*, und zwar werden sich die Dichtigkeiten dieser Schichten verhalten wie die Barometerstände in *a* und *b*, d. h. die Dichtigkeit der Schicht *bc* ist $^{759}/_{760}$ von der Dichtigkeit der Schicht *ab*. Wenn man also von *b* nach *c* steigt, so wird das Barometer nicht abermals um 1 Millimeter, sondern nur um $^{759}/_{760}$ Millimeter fallen. Der Barometerstand in *c* ist demnach:

$$0\,\frac{759}{760} - \frac{759}{760} = \frac{759}{760}(760 - 1) = \frac{759^2}{760} = 760\left(\frac{759}{760}\right)^2 \text{ Millimeter.}$$

Auf diese Weise können wir weiter schliessen, dass sich die Dich- keiten der Schichten *bc* und *cd* verhalten wie die Barometerstände in nd *c*, dass also die Schicht *cd* $^{759}/_{760}$mal leichter ist als die Schicht . Wenn also die Luftschicht *bc* einer Quecksilbersäule von $\frac{759}{760}$ Milli- tern das Gleichgewicht hält, so kann die Schicht *cd* nur eine Queck- ersäule von $\frac{759}{760} \times \left(\frac{759}{760}\right) = \left(\frac{759}{760}\right)^2$ Millimeter tragen, und wenn n sich von *c* bis *d* erhebt, so muss das Barometer um $\left(\frac{759}{760}\right)^2$ Milli- ter fallen. In *d* ist also der Barometerstand

$$760\left(\frac{759}{760}\right)^2 - \left(\frac{759}{760}\right)^2 = 760\left(\frac{759}{760}\right)^3 \text{ Millimeter.}$$

Dies reicht hin, um das Gesetz zu übersehen: in $e$ wird der B meterstand $760\left(\frac{759}{760}\right)^4$, in $f$ wird er $760\left(\frac{759}{760}\right)^5$ sein etc. Wenn sich also $n$mal 10,5 Meter über $a$ erhebt, so ist der Barometers $760\left(\frac{759}{760}\right)^n$.

Ist an einem Orte der Barometerstand $B = 760\left(\frac{759}{760}\right)^m$, an ei anderen höher gelegenen $b = 760\left(\frac{759}{760}\right)^n$, so ist die Höhendiff beider Orte $(n - m)$ mal 10,5 Meter.

Aus den Gleichungen

$$B = 760\left(\frac{759}{760}\right)^m$$

$$b = 760\left(\frac{759}{760}\right)^n$$

folgt

$$log.\ B = log.\ 760 + m\ .\ log.\ \frac{759}{750},$$

$$log.\ b = log.\ 760 + n\ .\ log.\ \frac{759}{760}.$$

Zieht man die letzte Gleichung von der vorhergehenden ab, so k

$$log.\ B - log.\ b = (m - n)\ log.\ \frac{759}{760}$$

und

$$log.\ B - log.\ b = (n - m)\ 0{,}0005718$$

$$n - m = \frac{log.\ B - log.\ b}{0{,}0005718}.$$

Da aber die Höhendifferenz $H$ der beiden fraglichen Orte g 10,5 $(n - m)$ Meter ist, so haben wir auch

$$H = 10{,}5\ \frac{log.\ B - log.\ b}{0{,}0005718}$$

$$H = 18363\ (log.\ B - log.\ b)$$

oder endlich

$$H = 18363\ log.\ \frac{B}{b}\ \text{Meter} \ldots\ldots\ldots$$

Für alt französisches Maass hat man die Gleichung

$$H = 56521\ log.\ \frac{B}{b}\ \text{par. Fuss} \ldots\ldots\ldots$$

anzuwenden.

Da der Quotient $\frac{B}{b}$ und folglich auch die Differenz $log.\ B - log.\ b$ ernändert bleibt, mit welcher Einheit auch die Barometerstände $B$ und gemessen sein mögen, so kann man nach Belieben, sowohl in Gleiag 1) als auch in Gleichung 2) die Barometerstände $B$ und $b$ in imetern oder in Pariser Linien oder in irgend einem anderen Maasse drücken.

Nach dieser Formel ist der mittlere Barometerstand einer Höhe

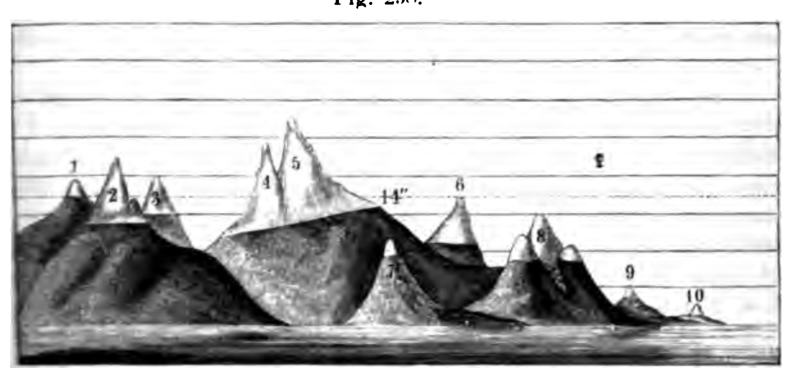
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| a 1500 | Pariser Fuss über dem Meere | $715^{mm}$ | oder 26″ | 5‴ | Par. M. |
| 3000 | „ „ „ „ „ | 673 | „ 24 | 10 | „ |
| 6000 | „ „ „ „ „ | 595 | „ 22 | 0 | „ |
| 9000 | „ „ „ „ „ | 527 | „ 19 | 6 | „ |
| 18000 | „ „ „ „ „ | 365 | „ 13 | 6 | „ |
| 27000 | „ „ „ „ „ | 252 | „ 8 | 5 | „ |

Aus unserer Formel ergiebt sich nun auch leicht, wie hoch man steimüsse, wenn das Barometer auf die Hälfte des normalen Barometerles am Meere fallen soll. Setzt man $B = 760$, $b = 380$, so folgt Gleichung 2) $H = 16972$ Pariser Fuss.

Erhebt man sich abermals um 16972 Fuss, so muss das Barometer $^1/_4$ seines Standes am Meere fallen u. s. w.

In Fig. 298 ist die Höhe, für welche der mittlere Barometerstand beträgt, durch eine punktirte Horizontallinie bezeichnet.

Fig. 298.




Setzt man in unserer Gleichung 2) $B = 760$ und $b = 1$, so folgt $= 162448$. In einer Höhe von 160000 Fuss, also von nahe 8 geograchen Meilen, ist also der Luftdruck bereits so gering, dass er nur noch Quecksilbersäule von 1 Millimeter zu tragen im Stande ist; in einer ne von 8 Meilen über dem Meeresspiegel ist also die Luft schon so vernt, wie wir es kaum mit den besten Luftpumpen erreichen können.

In den unteren Schichten der Atmosphäre wiegen ungefähr 113 CuFuss Luft 1 Pfund, eben so viel wiegen in einer Höhe von 8 Meilen 84000 Cubikfuss.

208 **Höhe der Atmosphäre.** So nimmt denn die Dichtigkei[t der] Luft mit zunehmender Erhebung über den Boden fortwährend a[b, bis] sie allmälig unmerklich wird und selbst auf die empfindlichsten ph[ysika-]lischen Instrumente nicht mehr zu wirken vermag. Was von Luf[t über] die Höhe von 10 bis 12 geographischen Meilen hinausgeht, ist jed[enfalls] ein verschwindend kleiner Bruchtheil der übrigen Atmosphäre, u[nd des-]halb nimmt man in der Regel an, dass die Atmosphäre eine Hö[he von] 10 bis 12 geographischen Meilen habe.

Eben weil die Luft expansibel ist, kann sie nicht eine scharf[e] Gränze haben wie die Gewässer, welche die Erdoberfläche bedecke[n; es] findet eben in den höheren Luftregionen ein allmäliger Ueberga[ng zur] unendlichen Verdünnung Statt, und deshalb ist auch die Höhe de[r Atmo-]sphäre keine absolut gegebene und präcis bestimmbare; man kan[n höch-]stens sagen, in welcher Höhe die Dichtigkeit der Luft unmerklich [wird].

Nehmen wir in diesem Sinne die Höhe der Atmosphäre z[u] 12 geographischen Meilen an, so sehen wir, dass diese Höhe seh[r klein] ist im Vergleich zum Durchmesser der Erde, welcher nahe 1700 [geogra-]phische Meilen beträgt. Um sich ein klares Bild von dem Ve[rhältniss] der Erdkugel zu ihrer Atmosphäre zu machen, denke man sich [eine Ku-]gel von 1 Fuss Durchmesser, welche von einer nicht ganz 1 Lin[ie dicken] luftigen Hülle umgeben ist.

Aber weit unter der angegebenen Gränze verschwindet die let[zte Spur] des organischen Lebens, welches weder eine solche Luftverdünnu[ng noch] eine so niedrige Temperatur ertragen kann, wie sie in jenen Höhen [herrscht], und welches schwerlich bis auf die Gipfel der höchsten Berge hin[aufreicht].

209 **Abweichung barometrisch berechneter Höhe[n von] den wahren.** Die Gleichungen 1) und 2) des §. 207 würden [illegible] richtige Werthe für die Höhendifferenz $H$ zweier nicht allzu [weit von] einander entfernter Orte geben, an welchen man gleichzeitig [die Baro-]meterstände $B$ und $b$ beobachtet hat, wenn die Temperatur [der gan-]zen Luftsäule von der unteren Station bis zur Höhe der obere[n] 0° wäre. Wäre die Temperatur dieser ganzen Luftsäule aber g[illegible] d. h. gleich der Temperatur am unteren Beobachtungsorte, so w[ürde die] Höhendifferenz $H = 18\,365\,(1 + \alpha T) \log \frac{B}{b}$ sein, wenn α [den] Ausdehnungscoefficienten der Luft bezeichnet. Ist aber nun $t$ die [Tempe-]ratur der Luft an der oberen Station, so würde die verticale L[uftsäule] von dem unteren Beobachtungsorte bis zur Höhe des oberen sich [ungefähr] so verhalten wie eine Luftsäule von gleicher Höhe und der m[ittleren] Temperatur $\frac{T+t}{2}$, wenn man annehmen könnte, dass die Tem[peratur] von der unteren Station dieser Luftsäule bis zur oberen gleichfö[rmig ab-]nehme. Für diesen Fall hätte man dann

$$H = 18\,363 \left(1 + \alpha \frac{T + t}{2}\right) log. \frac{B}{b} \text{ Meter} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1)$$

Es ist dies die von Laplace aufgestellte Höhenformel, wenn man derselben die unwesentliche Correction wegen der Veränderlichkeit Schwere weglässt.

Ramont erhöhte den Coëfficienten dieser Formel auf 18 393, wofür hlmann später 18 400 annahm, so dass die Formel übergeht in

$$H = 18\,400 \left(1 + \alpha \frac{T + t}{2}\right) log. \frac{B}{b} \text{ Meter} \quad . \quad . \quad . \quad 2)$$

ür er endlich setzte

$$H = 18\,400 \left(1{,}00157 + 0{,}00367 \frac{T + t}{2}\right) log. \frac{B}{b} \text{ Meter} \quad . \quad . \quad 3)$$

Wenn man nach einzelnen, gleichzeitig an zwei ungleich hohen Sta- en angestellten Barometer- und Thermometerbeobachtungen die endifferenz der beiden Stationen nach einer der obigen Formeln be- net, so erhält man meist so stark von einander abweichende Resultate, die Differenzen weit über die durch Beobachtungsfehler erklärlichen zen hinaus gehen. Ja selbst die aus mittleren Barometer- und Ther- eterständen der beiden Stationen berechneten Höhenunterschiede chen beträchtlich von den trigonometrisch genau bestimmten ab.

Schon Saussure's Beobachtungen am Col du géant zeigten, dass aus Barometer- und Thermometer-Beobachtungen berechneten Höhen Allgemeinen am Tage grösser sind als bei Nacht, dass sie also eine liche Periode zeigen. Ebenso ergaben die genauen Beobachtun- welche Ramont in den Pyrenäen angestellt hatte, und auch die leichung der gleichzeitig zu Clermont und zu Paris angestellten achtungen, dass die barometrisch bestimmten Höhen sowohl von der eszeit als auch von der Jahreszeit abhängen.

Am eingehendsten hat R. Rühlmann diesen Gegenstand behandelt die Resultate seiner Untersuchungen in einem Schriftchen „Die ba- etrischen Höhenmessungen u. s. w. Leipzig 1870“ publicirt. Beobachtungsmaterial benutzte er sowohl die Barometer- und Ther- eter-Beobachtungen, welche er gleichzeitig mit einem Freunde im mber 1864 auf dem Valtenberg bei Bischofswerda in Sachsen und nahegelegenen Neukirch angestellt hatte, als auch die gleichzeitigen achtungen an den schweizerischen meteorologischen Stationen St. hard und Genf, deren trigonometrisch bestimmte Höhendifferenz Meter beträgt.

Als Mittel aus den sechs Beobachtungsjahren 1860 bis 1866 er- sich für die beigeschriebenen Tagesstunden für Lufttemperatur Barometerstand in den Monaten Januar und Juli die in folgender lle zusammengestellten Werthe

| | | Lufttemperatur. | | Barometerstand auf 0°. | | Berechn. Höhe. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Genf. | St. Bernh. | Genf. | St. Bernh. | |
| | | *T* | *t* | *B* | *b* | *H* |
| Januar | 0h Mittag | + 2,1° C. | — 6,5° C. | 727,53 | 560,91 | 2069,2m |
| | 2 | + 2,65 | — 6,4 | 726,85 | 560,70 | 2068,5 |
| | 4 | + 2,2 | — 7,6 | 726,91 | 560,88 | 2059,2 |
| | 6 | + 1,15 | — 8,2 | 727,15 | 561,00 | 2055,8 |
| | 8 | + 0,55 | — 8,3 | 727,39 | 561,15 | 2053,5 |
| | 10 | + 0,1 | — 8,35 | 727,49 | 561,21 | 2051,8 |
| | 12 | — 0,3 | — 8,5 | 727,34 | 561,08 | 2050,1 |
| | 14 | — 0,5 | — 8,6 | 727,10 | 560,78 | 2050,3 |
| | 16 | — 0,6 | — 8,6 | 726,96 | 560,55 | 2051,5 |
| | 18 | — 0,8 | — 8,7 | 727,15 | 560,66 | 2051,1 |
| | 20 | — 0,7 | — 8,4 | 727,42 | 560,93 | 2051,6 |
| | 22 | + 0,6 | — 7,6 | 727,65 | 561,20 | 2058,5 |
| Mittel | | + 0,50 | — 7,97 | 727,24 | 560,93 | 2056,0 |
| Juli | 0h | + 22,1 | + 8,8 | 727,66 | 568,52 | 2099,9 |
| | 2 | + 23,0 | + 9,0 | 727,27 | 568,53 | 2099,1 |
| | 4 | + 22,9 | + 8,5 | 727,00 | 568,53 | 2093,7 |
| | 6 | + 21,8 | + 7,3 | 726,94 | 568,57 | 2084,2 |
| | 8 | + 19,5 | + 6,1 | 727,36 | 568,73 | 2074,0 |
| | 10 | + 17,5 | + 5,7 | 727,82 | 568,89 | 2068,3 |
| | 12 | + 16,0 | + 5,1 | 727,97 | 568,77 | 2064,0 |
| | 14 | + 14,5 | + 4,3 | 727,87 | 568,42 | 2059,3 |
| | 16 | + 13,8 | + 3,8 | 727,85 | 568,14 | 2059,2 |
| | 18 | + 15,0 | + 4,4 | 727,98 | 568,14 | 2067.0 |
| | 20 | + 18,4 | + 5,9 | 728,13 | 568,34 | 2083,7 |
| | 22 | + 20,4 | + 7,9 | 727,97 | 568,45 | 2094,8 |
| Mittel | | + 18,13 | + 6,56 | 727,71 | 568, 0 | 2079,0 |

Das Rühlmann'sche Werkchen enthält die entsprechend len für alle 12 Monate des Jahres.

Die 6te Verticalreihe obiger Tabelle enthält unter *H* die a gleicher Horizontalreihe stehenden Daten berechnete Höhe von hard über Genf, während die letzte Verticalreihe unter *D* an



el die barometrisch berechnete Höhe grösser (+) oder kleiner (—) die trigonometrisch bestimmte.

n dieser Tabelle tritt nun die schon erwähnte tägliche Periode eutlich hervor; das Maximum der berechneten Höhen fällt auf die sstunde, das Minimum dagegen auf die Nachtstunden und zwar meisten Monaten auf 4 Uhr Morgens. Ferner ergiebt sich aus trachtung dieser Tabellen, dass in unseren Zonen die günstigsten zur Anstellung barometrischer Höhenmessungen in den verschie- Monaten folgende sind:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Im Januar: Mittags | 12h | | | | |
| Februar Vormittags | 10h | und | Nachmittags | 4h |
| März | „ | 8 | „ | „ | 6 |
| April | „ | 7 | „ | „ | 7 |
| Mai | „ | 7 | „ | „ | 7 |
| Juni | „ | 6 | „ | „ | 9 |
| Juli | „ | 6 | „ | „ | 9 |
| August | „ | 7 | „ | „ | 8 |
| September | „ | 8 | „ | „ | 6 |
| October | „ | 10 | „ | „ | 4 |
| November | 11 | 11 | „ | „ | 2 |
| December Nachmittags 1h | | | | | |

er Unterschied zwischen dem täglichen Maximum und Minimum echneten Höhen beträgt für den Monat

| | | | |
|---|---|---|---|
| Januar . . . | 19,1 Meter | Juli . . . . . . | 40,7 Meter |
| Februar . . | 39,8 „ | August . . . | 40,6 „ |
| März . . . . | 32,4 „ | September . | 35,7 „ |
| April . . . . | 41,8 „ | October . . . | 26,1 „ |
| Mai . . . . | 37,1 „ | November . | 18,5 „ |
| Juni . . . . | 35,9 „ | December . . | 11,1 „ |

e Amplitude, um welche die berechneten Werthe der Höhendiffe- rischen St. Bernhard und Genf schwanken, sind also am kleinsten Monaten December, November und Januar, am grössten im April, d August.

e aus den Tages- und Monatsmitteln der meteorologischen Beob- en berechneten Höhen zeigen eine jährliche Periode, wie s der folgenden Tabelle ersieht, welche auch zeigt, dass die Am- der jährlichen Periode viel kleiner ist, als die der täglichen.

| | Temperatur. | | Barometerstand | | Berechnete Höhe. | D |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Genf. | St. Bernhard. | Genf. | St. Bernhard. | | |
| | $T$ | $t$ | $B$ | $b$ | $H$ | |
| Januar . . . | + 0,50 | — 7,97 | 727,24 | 560,93 | 2056,0 | [illegible] |
| Februar . . . | + 0,91 | — 9,12 | 727,23 | 560,37 | 2061,2 | [illegible] |
| März . . . . | + 4,63 | — 7,82 | 723,08 | 558,02 | 2069,2 | [illegible] |
| April . . . . | + 9,82 | — 2,56 | 726,69 | 563,52 | 2070,9 | [illegible] |
| Mai . . . . . | + 14,50 | + 1,63 | 726,10 | 565,35 | 2072,4 | [illegible] |
| Juni . . . . | + 16,64 | + 3,82 | 727,07 | 566,83 | 2078,5 | [illegible] |
| Juli . . . . . | + 18,75 | + 6,39 | 727,66 | 568,50 | 2079,5 | [illegible] |
| August . . . | + 18,13 | + 6,56 | 727,71 | 568,71 | 2075,0 | [illegible] |
| September . . | + 14,62 | + 3,82 | 728,35 | 568,06 | 2068,0 | [illegible] |
| October . . . | + 10,56 | + 0,17 | 726,59 | 565,21 | 2059,8 | —1[illegible] |
| November . . | + 5,20 | — 4,64 | 725,60 | 561,64 | 2060,6 | — [illegible] |
| December . . | + 0,65 | — 8,13 | 727,55 | 561,13 | 2056,7 | —1[illegible] |
| Mittel | + 9,57 | — 1,47 | 726,74 | 564,02 | 2067,2 | — [illegible] |

Die Jahresmittel der meteorologischen Beobachtungen geben hen, welche sich von den wahren Werthen nur wenig entfernen.

Die Monatsmittel geben im Winter zu kleine, im Sommer grosse Höhen.

Weichen selbst die aus Mittelwerthen der Barometer- und Ther meter-Beobachtungen berechneten Höhenunterschiede nicht unbedeut von den wahren ab, so lässt sich erwarten, dass dies für isolirte B achtungen noch weit mehr der Fall sein wird und zwar selbst für ( deren Entfernung in horizontaler Richtung nur gering ist. So fi wir z. B. im 4. Jahrgange der schweizerischen meteorolo schen Beobachtungen für den 26. December 1866 Morgens 7 U

| in Zürich (Sternwarte) | auf dem Uetliberg |
|---|---|
| $B = 726{,}1^{mm}$ | $b = 692{,}2^{mm}$ |
| $T = -\ 6{,}8^0$ C. | $t = +\ 1{,}5^0$ C. |

woraus sich aus Gl. 2) Seite 587 ergiebt

$$H = 377 \text{ Meter},$$

während der wahre Höhenunterschied zwischen der Züricher Sternw und dem Uetliberg 394 Meter beträgt. Die berechnete Höhe ist um 17 Meter, also um $^1/_{23}$ des wahren Höhenunterschiedes zu kl während der kleinste der in der Tabelle auf Seite 588 zusammengest ten berechneten Höhenunterschiede zwischen Genf und St. Bernhard um $^1/_{135}$ des wahren Höhenunterschiedes falsch ist.

rsache der Abweichung der barometrisch bestimmten Höhen ıhren liegt, wie Rühlmann nachgewiesen hat, darin, dass die Wärme der Luftsäule über der unteren Beobachtungsstation sich nicht so rasch ändert, wie das arithmetische Mittel der Thermometerablesungen an den oberen und unteren Stationen. Es sei $A$, Fig. 299, die obere, $Z$ die untere der beiden Stationen und $a$ ein Punkt, welcher mit $A$ in gleicher Höhe vertical über $Z$ liegt, so setzt man bei der Berechnung nach der Gleichung

Fig. 299.




$$H = 18400 (1 + \alpha D) \log. \frac{B}{b} \quad . . 2)$$

voraus, dass

$$D = \frac{T + t}{2},$$

die mittlere Temperatur der Luftsäule $Za$ gleich sei dem hen Mittel zwischen den beiden gleichzeitig in $Z$ und in $A$ ;n Temperaturen. Setzt man in Gl. 2) für $H$ die wahre Höhe, sich für die wahre mittlere Temperatur der Luftsäule $Za$

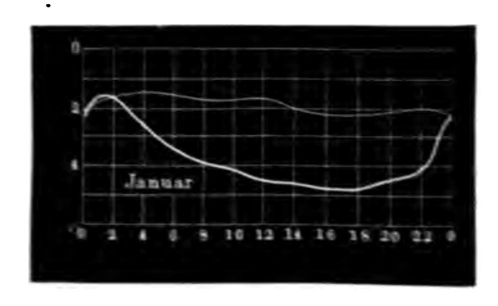
$$D = \frac{\alpha}{1} \left( \frac{H}{18400} \log. \frac{B}{b} - 1 \right) \quad . . . . . . . . 3)$$

ıch Gl. 3) berechneten Werthe von $D$ weichen aber wesentlich ntsprechenden Werthen von $\frac{T + t}{2}$, die wir als die beobmittleren Temperaturen bezeichnen wollen, ab, wie man aus der Zusammenstellung für die Monate Januar und Juli ersieht.

| | | Mittlere Lufttemperatur. | | | | Mittlere Lufttempera[tur] | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Beobachtete $\frac{T+t}{2}$ | Wahre $D$ | | | Beobachtete $\frac{T+t}{2}$ | Wah[re] $D$ |
| Januar | 0h | — 2,2° C. | — 2,1 | Juli | 0h | 15,5 | 1 |
| | 2 | — 1,8 | — 1,9 | | 2 | 16,0 | 1 |
| | 4 | — 2,7 | — 1,5 | | 4 | 15,7 | 1 |
| | 6 | — 3,5 | — 1,6 | | 6 | 14,5 | 1 |
| | 8 | — 3,8 | — 1,7 | | 8 | 12,8 | 1 |
| | 10 | — 4,1 | — 1,7 | | 10 | 11,6 | 1 |
| | 12 | — 4,4 | — 1,7 | | 12 | 10,5 | 1 |
| | 14 | — 4,5 | — 2,0 | | 14 | 9,4 | 1 |
| | 16 | — 4,6 | — 2,2 | | 16 | 8,8 | |
| | 18 | — 4,7 | — 2,2 | | 18 | 9,7 | |
| | 20 | — 4,5 | — 2,1 | | 20 | 12,1 | |
| | 22 | — 4,1 | — 2,0 | | 22 | 14,1 | |
| Mittel | | — 3,7 | — 1,9 | Mittel | | 12,5 | |

Nach dieser Tabelle ist in Fig. 300 und Fig. 301 der
Gang der wahren und der beobachteten mittleren Lufttemperatur

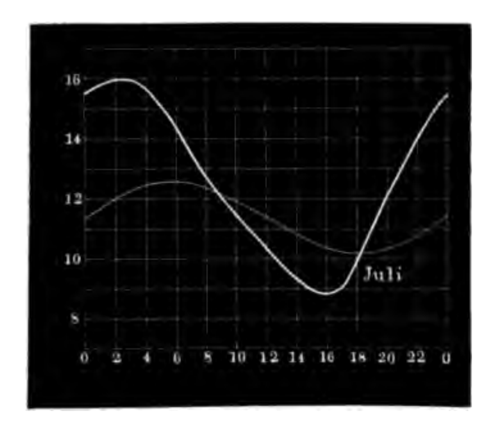
Fig. 300.




Monate Januar und Juli graphisch dargestellt und zwar stellt die
ausgezogene Curve den Gang der beobachteten, die fein ausgez
dagegen den Gang der wahren Lufttemperatur dar. Die b
Curven schneiden sich für diejenigen Stunden, für welche die l

:h berechnete Höhe mit der trigonometrisch bestimmten überein-

Fig. 301.




ergleicht man auf die angegebene Weise die wahre mittlere Luft-atur der Monate mit der beobachteten, so findet man die Werthe genden Tabelle:

| Monat. | Mittlere Lufttemperatur. | |
|---|---|---|
| | Beobachtete $\frac{T + t}{2}$ | Wahre $D$ |
| Januar | — 3,6 | — 1,8 |
| Februar | — 4,1 | — 3,0 |
| März | — 1,6 | — 1,5 |
| April | + 3,1 | + 3,5 |
| Mai | + 8,0 | + 7,7 |
| Juni | + 10,2 | + 9,1 |
| Juli | + 12,5 | + 11,3 |
| August | + 12,3 | + 11,6 |
| September | + 9,2 | + 9,5 |
| October | + 5,8 | + 6,7 |
| November | — 0,3 | + 1,6 |
| December | — 4,4 | — 2,0 |
| Mittel | + 4,0 | + 4,39 |

Man erkennt aus diesen Tabellen, dass sich die Luft bei weitem nicht in dem Maasse und nicht so rasch erwärmt, wie es die Thermometer an den Beobachtungsstationen zeigen, sie nimmt nur wenig und gleichsam zögernd Antheil an den täglichen und jährlichen Schwankungen der Temperatur an der Erdoberfläche.

Die Maxima und Minima der Lufttemperatur treten sowohl bei der täglichen als auch bei der jährlichen Periode **später** ein, als die an den Thermometern beobachteten Maxima und Minima. So sieht man z. B. in Fig. 301, dass das beobachtete tägliche Temperaturmaximum im Juli auf 2 Uhr, das Maximum der wahren Lufttemperatur aber erst auf 6 Uhr Nachmittags fällt, während die Zeit des wahren Minimums ungefähr um 2 Stunden später eintritt als das des beobachteten.

Der Grund dieser Erscheinung ist offenbar darin zu suchen, dass der Erdboden eine sehr grosse Absorptionsfähigkeit für Wärmestrahlen besitzt, dass er sich also unter dem Einflusse der Sonnenstrahlen stark erwärmt, durch nächtliche Strahlung dagegen stark abkühlt, während die Luft, als ein sehr diathermaner Körper, sich unter dem directen Einflusse der Sonnenstrahlen nur wenig erwärmt, dagegen aber auch Nachts durch Strahlung wenig Wärme abgiebt. Die an den Beobachtungsstationen angebrachten Thermometer sind nun sehr von der strahlenden Wärme des Erdbodens und der Umgebung influirt, sie werden also den bedeutenderen und rascheren Temperaturschwankungen der Erdoberfläche folgen müssen und können nicht den wahren Gang der Temperatur in höheren Luftschichten angeben.

**210** **Ursachen der Barometerschwankungen.** Die letzte Ursache aller Barometerschwankungen ist in der ungleichen und stets sich ändernden Wärmevertheilung auf der Erde zu suchen. Da sich die Wärmevertheilung auf der Erde beständig ändert, so wird auch das Gleichgewicht in jedem Augenblicke gestört, es entstehen Luftströmungen, welche das gestörte Gleichgewicht herzustellen streben, und so ist die Luft in beständiger Bewegung; bald mehr erwärmt und deshalb leichter, bald wieder erkaltet und deshalb dichter, bald mehr, bald weniger Wasserdampf enthaltend, wird auch der Druck der Luftsäule fortwährenden Veränderungen unterworfen sein, welche uns das Barometer anzeigt.

Dass wirklich Temperaturveränderungen die Ursache der Barometerschwankungen sind, geht schon daraus hervor, dass sie in den Tropen, wo die Temperatur so wenig veränderlich ist, auch am unbedeutendsten sind; in höheren Breiten dagegen, wo die Variationen der Temperatur immer bedeutender werden, ist auch die Amplitude der zufälligen Barometerschwankungen sehr gross; ja selbst im Sommer, wo die Temperatur im Allgemeinen weniger veränderlich ist, sind die Oscillationen des Barometers kleiner als im Winter.

Im Allgemeinen kann man leicht darthun, dass die ungleiche ste

le Erwärmung der Luft beständige Veränderungen in der ,uftdrucks zur Folge haben muss.

ın irgend einem Orte die Luft bedeutend erwärmt wird, so :h aus, die Luftsäule erhebt sich über die Luftmasse, welche eren Umgebungen ruht, die in die Höhe gestiegene Luft wird ch den Seiten hin abfliessen, der Druck der Luft muss also oeren Orten abnehmen, das Barometer wird daselbst sinken len kälteren Umgebungen aber muss das Barometer steigen, .e in den oberen Regionen der erwärmten Gegenden seitsende Luft über die Atmosphäre der kälteren Gegenden ver-

; sich dies durch den Apparat Fig. 302 anschaulich machen. l Blechröhren von $1^1/_2$ bis 2 Fuss Höhe, welche unten bei *e* durch ein Stück Thermometerrohr verbunden sind. Mit der Blechröhre *a* ist die Glasröhre *c*, mit der Röhre *b* ist die Glasröhre *d* in Verbindung. Wenn man in eine der Röhren *b* oder *a* Wasser giesst, so wird dasselbe nur langsam durch die enge Röhre bei *e* in die andere Röhre fliessen können. Wenn man beide Röhren *a* und *b* fast bis oben füllt und sie dann oben durch ein hinlänglich weites Heberrohr *f* in Verbindung setzt, so muss sich das Wasser in allen vier Röhren, *c*, *a*, *b* und *d*, gleich hoch stellen. Nun aber geht durch das Blechrohr *b* von oben bis unten ein unten offenes Glasrohr *gi* hindurch, durch welches die in dem Kolben *h* mittelst einer Wein-ntwickelten Wasserdämpfe hindurchgeleitet werden. In unist der Kolben *h* neben die Röhre *d* gezeichnet worden; es ıer, wenn er, was sich in der Figur nicht so gut hätte dar-ı, hinter *b* sich befindet.

Fig. 302.




Rohr *gi* mit kaltem Wasser umgeben ist, so werden die enden Dämpfe verdichtet, und das Wasser in *b* wird erwärmt. :wischen *a* und *b* gar keine Verbindung wäre, so würde die in *b* steigen, ohne dass das Wasser in *d* steigt, weil *b* er- *d* aber kalt bleibt; da aber die Röhren *b* und *a* oben durch ıre *f* verbunden sind, so kann das Wasser in *b* nicht höher n *a*, ein Theil des in *b* erwärmten Wassers fliesst nach *a* in Folge dessen sinkt das Wasser in *d*, in *c* aber steigt es, schon in *a* vorhandenen Wasser noch neues durch den Hekommt.

: eine hinlänglich weite Röhre, so würde das Wasser in allen

vier Röhren stets gleich hoch bleiben, weil in dem Maasse, als warmes Wasser durch $f$ nach $a$ fliesst, unten umgekehrt kaltes Wasser durch $e$ nach $b$ fliessen, weil sich also das gestörte Gleichgewicht in jedem Augenblicke wieder herstellen würde; dies ist aber nicht möglich, weil die Röhre $e$ zu enge ist. Ebenso wird in erkalteten Gegenden der Luftdruck zu-, in erwärmten abnehmen, weil die Luft in den unteren Regionen nicht schnell genug der erwärmten Gegend zuströmen kann, um das gestörte Gleichgewicht sogleich wieder herzustellen.

Dadurch erklärt sich auch, warum in unseren Gegenden im Durchschnitte bei Südwestwinden das Barometer am tiefsten, bei Nordostwinden am höchsten steht; die Südwestwinde bringen uns warme Luft, während uns die Nordostwinde kältere Luft zuführen. Da wo ein warmer Luftstrom weht, müsste die Atmosphäre eine grössere Höhe haben als da, wo der kalte Wind weht, wenn der Druck der ganzen Luftsäule an beiden Orten derselbe sein sollte; wäre dies aber auch wirklich der Fall, so würde die Luft des warmen Stromes oben abfliessen, das Barometer also unter dem warmen Luftstrome sinken, unter dem kalten dagegen steigen.

In Europa sind im Durchschnitte die Südwestwinde auch die Regenwinde, weil sie, von wärmeren Meeren kommend, mit Wasserdampf gesättigt sind, welcher sich nach und nach verdichtet und als Regen niederfällt, wenn der Wind zu immer kälteren Gegenden gelangt. In dieser Condensation des Wasserdampfes ist ein zweiter Grund zu suchen, warum das Barometer bei Südwestwinden niedrig steht. So lange nämlich der Wasserdampf als förmliches Gas einen Bestandtheil der Atmosphäre ausmacht, ist ihm ein Theil des atmosphärischen Druckes zuzuschreiben, ein Theil der Quecksilbersäule im Barometer wird durch den Wasserdampf getragen; das Barometer muss also sinken, wenn der Wasserdampf aus der Atmosphäre durch Verdichtung ausgeschieden wird.

Dieser Umstand erklärt auch, dass der mittlere Barometerstand am Meere zwischen dem 60. und 70. Breitengrade so gering ist; die Luft, welche von südlichen Gegenden herkommt, verliert mehr und mehr ihren Wassergehalt, der Druck, den sie ausübt, muss also nach und nach abnehmen.

Nach der eben entwickelten Ansicht ist das Sinken des Barometers eine Erscheinung, welche das Wehen warmer Winde begleitet, während kalte Winde ein Steigen des Barometers veranlassen; im Allgemeinen wird also das Thermometer steigen, wenn das Barometer fällt. Dies ist auch in der That der Fall, und zwar tritt dieser Gegensatz im Gange der beiden Instrumente am deutlichsten im Winter auf. Fig. 5 auf Tab. welche den Beobachtungen des physikalischen Vereins zu Frankfurt a. M. entnommen ist, zeigt den Gang der mittleren täglichen Temperatur (obere Curve) und des mittleren täglichen Barometerstandes (untere Curve) daselbst vom 1. Januar bis zum 20. Februar 1837; man sieht, wie in der That das Barometer gewöhnlich steigt, wenn das Thermometer fällt, und dass ein barometrisches Minimum meistens mit einem thermometrischen Maximum zusammenfällt.

Die Beobachtungen anderer Jahre und anderer Orte geben dasselbe ıltat.

Wenn dieser Gegensatz im Sommer nicht so rein auftritt, so ist der nd davon darin zu suchen, dass die an sich warmen Südwestwinde Sommer doch eine kühlere Temperatur zur Folge haben, weil, wenn wehen, der Himmel meist bewölkt ist und dadurch die Erwärmung Bodens durch die Sonnenstrahlen verhindert wird, während die ablende Wirkung der Nordostwinde dadurch neutralisirt wird, dass sich heiterem Himmel durch die kräftig wirkenden Sonnenstrahlen der en bedeutend erwärmt. Damit hängt auch die geringe Amplitude Barometerschwankungen im Sommer zusammen.

Da die Südwestwinde, welche in unseren Gegenden ein Sinken des ometers bewirken, uns auch eine feuchte Luft zuführen und regneri- Wetter bringen, während das Barometer steigt, wenn Nordostwinde en, welche die Luft trocken und den Himmel heiter machen, so kann allerdings sagen, dass im Allgemeinen ein hoher Barometerstand nes Wetter, ein tiefer aber schlechtes Wetter anzeigt. Dies ist aber, gesagt, nur eine Durchschnittsregel, denn bei Nordostwind ist der mel auch öfters bewölkt, bei Südwestwind auch manchmal heiter; sie edoch in derselben Ausdehnung wahr wie die, dass bei Nordostwind Barometer hoch, bei Südwestwind dagegen tief steht; dies ist auch t immer, sondern nur im Durchschnitte wahr. Wir können uns von hen Anomalien keine Rechenschaft geben, weil uns die mannigfachen nente nicht genügend bekannt sind, welche den Gleichgewichtszustand Atmosphäre bedingen.

Dass ein hoher Barometerstand im Allgemeinen heiteres Wetter, ein r aber trübes Wetter anzeigt, ist auch nur für solche Orte wahr, an hen die warmen Winde zugleich die Regen bringenden sind. An Ausflusse des La Platastromes z. B. sind die kalten Südostwinde, he vom Meere her wehen und das Barometer steigen machen, die nwinde; die warmen Nordwestwinde aber, bei welchen das Barome- sinkt, sind trockene Landwinde und bringen heiteres Wetter. Dem tande, dass dort der Regen durch kalte Winde gebracht wird, ist geringere Regenmenge dieser Gegenden zuzuschreiben, während ungleicher Breite an den Westküsten von Südamerika sehr viel Regen , indem hier der warme Nordwestwind zugleich ein Seewind ist.

Die tägliche Periode der Barometerschwankungen ist wesentlich h die Veränderungen im Feuchtigkeitszustande der Luft bedingt; werden deshalb auf diesen Gegenstand zurückkommen, wenn wir Veränderungen werden kennen gelernt haben, welche der Wasserlt der Luft im Laufe des Tages erleidet.

**Atmosphärische Ebbe und Fluth.** Nachdem es Newton 211 ngen war, die Erscheinungen der Ebbe und Fluth der grossen Oceane

**auf die Massenanziehung der Sonne und des Mondes zurückzuführen, lag die Idee nahe, dass diese beiden Himmelskörper auch eine atmosphärische Ebbe und Fluth veranlassen müssen.** Eine atmosphärische **Fluth wird aber das Barometer steigen, eine at**mosphärische Ebbe wird **es sinken machen, das Barometer wird uns also** Auskunft über das Vor**handensein der atmosphärischen Ebbe und Fluth** und über den Einfluss **geben, welchen dieselbe auf die Grösse des Luftd**rucks ausübt.

**Die durch die Sonnenmasse erzeugten Verä**nderungen des Barome**terstandes fallen so vollständig mit den anderw**eitigen täglichen Varia**tionen zusammen, dass sie nicht davon getren**nt werden können. Die **Mondfluth fällt aber zur Zeit der Syzygien mit** der Sonnenfluth zusam**men, während zur Zeit der Quadraturen die Mon**debbe mit der Sonnen**fluth zusammenfällt. Der Einfluss, welchen die** Massenanziehung des **Mondes auf den Barometerstand ausübt, wird al**so darin bestehen, dass **derselbe zur Zeit der Syzygien etwas erhöht, zu**r Zeit der Quadraturen **etwas erniedrigt erscheint.**

**Aus den von Bouvard auf der Pariser St**ernwarte von 1815 bis **1823 dreimal täglich (9 Uhr Morgens, Mittags u**nd 3 Uhr Nachmittags) **angestellten Beobachtungen berechnete La Plac**e, dass der Betrag der **atmosphärischen Mondfluth nur 0,0544 Millimet**er betrage, ein Werth, **welcher sich noch auf 0,0176 Millimeter reduci**rte, als Bouvard nach **den La Place'schen Formeln diese Grösse aus** den von 1815 bis 18[illegible] **fortgesetzten Barometerbeobachtungen ableitete.**

**Auch O. Eisenlohr findet, zweiundzwanzig**jährige Beobachtungen **der Pariser Sternwarte zusammenstellend, dass** der Einfluss des syno**schen Mondumlaufes auf den Barometerstand se**hr unbedeutend sei, ja **nach seiner auf S. 185 des LX. Bandes von Po**ggendorff's Annalen ge**gebenen Zusammenstellung ist der mittlere Baro**meterstand für Neumond **und Vollmond selbst noch um 0,008$^{mm}$ tiefer, als** für das erste und letzte **Viertel.**

**Hier dürfte wohl der geeignetste Ort sein, d**en Einfluss des Mondes **auch auf andere meteorologische Erscheinunge**n zu betrachten. Aus **15jährigen Beobachtungen hat Mädler nachge**wiesen, dass der Mond **einen, wenn auch unbedeutenden Einfluss auf die** Lufttemperatur äussert. **Aus 114jährigen Beobachtungen hat Buys-Ball**ot nachgewiesen, dass **für die Niederlande wenigstens an jedem der sieb**en auf einander folgen**den Tage, von welchen zwei seiner grössten nör**dlichen Declination vor**angehen, die anderen fünf ihr folgen, die Luft**temperatur um 0,11° R. **höher steht, als an den sieben gerade gegenüb**erstehenden Tagen, und **ebenso, dass es vom 12. bis 19. Tage seines Alt**ers, also um den Voll**mond, um 0,09° R. wärmer ist, als zur Zeit des N**eumondes.

**Schübler und Eisenlohr stimmen darin ü**berein, dass wenigstens **für Südwest-Deutschland die nördlichen und östli**chen Winde am häufig**sten in der Zeit zwischen dem letzten Viertel u**nd dem Neumond, am **seltensten aber zur Zeit des Vollmondes wehen.** Nach Schübler we

ıit der südlichen und westlichen Winde zur Zeit
zwischen dem ersten Viertel und dem Vollmond)
Winde zur Zeit des letzten Viertels wie 1,37 zu 1.
rgiebt sich für dieses Verhältniss 1,21 : 1.
ung äussern die Mondphasen einen unverkenn-
Maximum der heiteren Tage auf die Zeit des
Octanten, das Minimum der hellen Tage
fällt. Aus den Beobachtungen zu Augs-
h die Zahl der trüben Tage zu der

es Vollmondes,
letzten Viertels.
Maximum der heiteren Tage auf

ndphasen auf Windrichtung und Bewölkung
ieselben auch einen Einfluss auf die Regenmenge
auch durch Schübler und Eisenlohr bestätigt
erhält sich nach Schübler die Zahl der Regen-
eiten Octanten zu der des letzten Viertels wie 97
ngen dieser Perioden verhalten sich aber wie 301

**ɔr Winde.** Wenn man im Winter die in einen 212
Thür eines geheizten Zimmers etwas öffnet und
an das obere Ende des Spaltes hält, wie man Fig.
ie nach aussen gerichtete Flamme einen von dem
warmen Zimmer nach dem kalten Raume
gerichteten Luftstrom an. Rückt man nun
mit der Kerze mehr und mehr herunter,
so stellt sich die Flamme immer mehr auf-
recht, ungefähr in der halben Höhe der
Oeffnung steht sie ganz still, sie ist hier
nicht durch Luftströmungen afficirt; bringt
man sie aber noch weiter herunter, so wird
die Flamme von aussen nach innen getrie-
ben. Man sieht also, dass die erwärmte
Luft oben aus- und dass dagegen unten die
kalte Luft in das Zimmer einströmt.



Wie hier im Kleinen die ungleiche Er-
wärmung der beiden Räume Luftströmun-
gen veranlasst, so ist auch die ungleiche
stets wechselnde Erwärmung der Erdober-
r ihr schwebenden Luftmeeres die Ursache der
wir Winde nennen. Auch im Grossen sieht man
ɔr erwärmten Gegenden aufsteigen und in der Höhe

nach den kälteren abfliessen, während unten die Luft von den kält
Gegenden den wärmeren zuströmt.

Ein einfaches Beispiel geben uns die Land- und Seewinde, w
man häufig an den Meeresküsten, namentlich aber auf den Inseln
nimmt. Einige Stunden nach Sonnenaufgang erhebt sich ein von
Meere nach der Küste gerichteter Wind, der Seewind, weil das
Land unter dem Einflusse der Sonnenstrahlen stärker erwärmt wi
das Meer; über dem Lande steigt die Luft in die Höhe und fliesst
nach dem Meere hin ab, während unten die Luft vom Meere geg
Küsten strömt. Dieser Seewind ist anfangs schwach und nur a
Küsten selbst fühlbar, später nimmt er zu und zeigt sich dann au
Meere schon in grösserer Entfernung von der Küste; zwischen
3 Uhr Nachmittags wird er am stärksten, nimmt dann wieder ab
gegen Untergang der Sonne tritt eine Windstille ein. Dann e
Land und Meer durch die Wärmestrahlung gegen den Himmel
das Land erkaltet aber rascher als das Meer, und nun strömt di
in den unteren Regionen vom Lande nach dem Meere, während
oberen Luftregionen eine entgegengesetzte Strömung stattfindet.

Dem eben Gesagten zufolge sind die Land- und Seewinde l
an eine tägliche Periode gebundene Erscheinungen, welche nur
rein auftreten können, wenn sie nicht durch die allgemein herrsc
Luftströmungen gestört oder doch modificirt werden.

Selbst den Ufern grösserer Landseen, z. B. denen des Bod
sind die Land- und Seewinde nicht fremd: sehr merklich treten si
an den grossen nordamerikanischen Landseen auf.

Die in Hochgebirgen auftretenden Morgen- und Abendw
welche man unter dem Namen der Thalwinde zusammenfassen
sind eine den Land- und Seewinden verwandte Erscheinung. W
den Morgenstunden die Thalsohle und die sie einschliessenden Berg
durch die Sonnenstrahlen mehr und mehr erwärmt werden, thei
diese Erwärmung zunächst den unteren Luftschichten mit, welc
durch ausgedehnt längs der Bergabhänge aufsteigen und so den
genwind veranlassen, während nach Sonnenuntergang die an d
scher erkaltenden Berggipfeln abgekühlte Luft sich längs der Bergab
in das Thal herabsenkt.

Zu den Ursachen, welche Luftströmungen, ja die heftigsten S
erzeugen können, ist auch eine schnelle Condensation des atmos
schen Wasserdampfes zu zählen. Wenn man bedenkt, welch' eine
heure Wassermasse während eines Platzregens in wenigen Minute
Erde fällt, welch' ungeheures Volumen dieses Wasser eingenomme
ben muss, als es noch in Dampfgestalt in der Atmosphäre schwebt
ist klar, dass durch die plötzliche Condensation dieser Wasserdi
eine bedeutende Luftverdünnung bewirkt wird und dass die Luft
allen Seiten her mit Gewalt in den verdünnten Raum eindringen
um so mehr, als da, wo die Condensation der Wasserdämpfe statti

Temperatur der Luft durch die frei werdende Wärme erhöht und da-
ch ein kräftig aufsteigender Luftstrom erzeugt wird. Dass auf diese
ise, also gleichsam durch Saugen, häufig Winde, und namentlich
rme erzeugt werden, dafür sprechen zahlreiche Erfahrungen. War-
atin bemerkt, dass der Westwind in der Regel zu Moskau eher als
Abo beobachtet wird, obgleich letztere Stadt bedeutend westlicher liegt
Moskau; auch bläst dieser Westwind in Finnland oft eher als in
rweden.

Franklin erzählt, dass, als er zu Philadelphia eine Mondfinsterniss
achten wollte, er daran durch einen Nordoststurm verhindert wurde,
her sich gegen 7 Uhr Abends einstellte und den Himmel mit dichten Wol-
überzog; er war überrascht, einige Tage nachher zu erfahren, dass der
m zu Boston, welches ungefähr 300 englische Meilen nordöstlich
Philadelphia liegt, erst um 11 Uhr Abends angefangen hatte, nach-
schon die ersten Phasen der Mondfinsterniss beobachtet worden wa-
Indem er alle Berichte aus den verschiedenen Colonien mit ein-
r verglich, bemerkte Franklin durchgängig, dass dieser Nordost-
m an verschiedenen Orten um so später sich eingestellt hatte, je
ter sie nach Norden lagen.

Es ist bekannt, dass zwischen Häusern der Wind oft in anderer
tung weht als über den Gebäuden, weil durch diese die Windrich-
g auf mannigfache Art modificirt wird. Gerade so wie die Häuser
en aber auch die Gebirge locale Störungen in der Windrichtung be-
ken.

Oft sieht man die Wolken in anderer Richtung ziehen, als die ist,
che die Windfahnen zeigen, und oft ziehen die höheren Wolken in
erer Richtung als die tiefer schwebenden, woraus hervorgeht, dass in
schiedenen Höhen Luftströmungen nach verschiedener Richtung statt-
en.

**Passatwinde und Moussons.** Als Columbus auf seiner Ent- 213
ngsreise nach Amerika seine Schiffe durch einen beständigen Ost-
fortgetrieben sah, wurden seine Gefährten mit Schrecken erfüllt,
sie fürchteten, nimmer nach Europa zurückkehren zu können. Die-
in den Tropen beständig von Osten nach Westen wehende Wind, wel-
so sehr das Erstaunen der Seefahrer des 15. Jahrhunderts erregte,
der Passatwind. Die Schiffer benutzen diesen Wind, um von Eu-
nach Amerika zu segeln, indem sie von Madeira aus südlich bis in
Nähe des Wendekreises steuern, wo sie dann durch den Passat nach
ten getrieben werden. Diese Reise ist so sicher und die Arbeit der
osen dabei so gering, dass die spanischen Seeleute diesen Theil des
tischen Oceans den Frauengolf (el golfo de las Damas) nannten.
h in der Südsee weht dieser Wind; die spanischen Schiffer liessen
durch ihn in gerader Linie von Acapulco nach Manilla treiben.

Im atlantischen Ocean erstreckt sich der Passatwind im Mittel bis

zum 28., im grossen Ocean nur bis zum 25. Grade nördlicher Breite. der nördlichen Hälfte der heissen Zone ist die Richtung des Passatwi eine nordöstliche; je mehr er sich aber dem Aequator nähert, d mehr wird seine Richtung rein östlich. Die Gränze des Passats i der südlichen Halbkugel weniger genau bestimmt; dort aber hat der sat eine südöstliche Richtung, die mehr und mehr östlich wird, je ter er gegen den Aequator vordringt.

Diese Winde wehen rund um die ganze Erde, doch treten sie i Regel erst 50 Meilen weit vom festen Lande ganz ungestört auf.

Da, wo der Nordostpassat der nördlichen und der Südostpass südlichen Hemisphäre zusammentreffen, combiniren sie sich zu e rein östlichen Winde, der aber unmerklich wird, weil die horizontal wegung der durch die Intensität der Sonnenstrahlen stark erwä und deshalb mächtig aufsteigenden Luft eben durch diese vertical wegung neutralisirt wird. Es würde in diesen Gegenden eine fast kommene Windstille herrschen, wenn nicht die heftigen Stürme, w die fast täglich unter Donner und Blitz stattfindenden Regengüsse b ten, die Ruhe der Atmosphäre störten und das Wehen sanfter mässiger Winde unmöglich machten.

Die Zone, welche die Passatwinde der beiden Hemisphären t ist die Region der Calmen.

Auf der Karte Tab. XXIII sind die Gegenden, wo regelmässige herrschen, durch einen rothen Farbenton ausgezeichnet. Die Regi Calmen fällt, wie man sieht, nicht mit dem Aequator zusammen, so ihre Mitte liegt ungefähr 6° nördlich von demselben. Während d Sommermonate ist der Gürtel der Calmen breiter und seine nör Gränze entfernt sich noch vom Aequator, während gleichzeitig au Region des Nordostpassats weiter nach Norden rückt; die Gränzen Wanderung im atlantischen Ocean ersieht man aus der folgenden nen Tabelle:

| | Nördliche Gränze des Nordostpassats. | Nördliche Gränze der Region der Calmen. | Südliche Gr der Region der Ca |
|---|---|---|---|
| Winter . . . . . | $24\frac{3}{4}$° nördl. Br. | $5\frac{3}{4}$° nördl. Br. | $2\frac{1}{3}$° nördl. |
| Frühling . . . . | 28 - - | $5\frac{3}{4}$ - - | $1\frac{1}{2}$ - |
| Sommer . . . . | $30\frac{3}{4}$ - - | $11\frac{1}{3}$ - - | $3\frac{1}{4}$ - |
| Herbst . . . . . | $28\frac{1}{3}$ - - | 10 - - | $3\frac{1}{4}$ - |
| Jahresmittel . . | 28° nördl. Br. | $8\frac{1}{4}$° nördl. Br. | $2\frac{2}{3}$° nördl. B |

n sieht aus dieser Tabelle auch, dass die Südgränze der Calmen-
ıre Lage im Laufe des ganzen Jahres nur wenig ändert.
s die Region der Calmen auf der nördlichen Hemisphäre liegt,
fenbar von der Configuration der Continente her.
on Halley hat die Grundursache der Passatwinde richtig er-
Die Luft, welche in den Aequatorialgegenden stark erwärmt in
steigt, erhebt sich über die kälteren Luftmassen zu beiden Sei-
strömt oben wieder nach den Polen hin ab. Dass aber der Pas-
auf der nördlichen Halbkugel nicht ein reiner Nord-, auf der
Halbkugel nicht ein reiner Südwind, sondern vielmehr Nordost
ost ist, das ist, wie Halley zeigte, eine Folge der Umdrehung
um ihre Axe.
näher ein Ort der Erdoberfläche den Polen liegt, desto langsamer
sich in dem während 24 Stunden zu beschreibenden Kreise fort-
, weil dieser Kreis um so kleiner ist, je weiter man sich vom
entfernt. Demnach ist auch die Rotationsgeschwindigkeit der
Erde ruhenden Luftmasse in der Nähe der Pole geringer als
ıator; wenn nun eine Luftmasse aus höheren Breiten dem Aequa-
führt wird, so gelangt sie mit geringerer Rotationsgeschwindig-
r Ländern an, welche sich schneller von Westen nach Osten be-
in Beziehung auf diesen unter ihr sich fortbewegenden Boden
die Luft eine Bewegung von Osten nach Westen. Diese Be-
combinirt sich mit der gegen den Aequator hin fortschreitenden
ıg auf der nördlichen Halbkugel zu einem Nordost-, auf der süd-
er zu einem Südostwinde.
in den Aequatorialgegenden aufsteigende Luft fliesst in der
ch beiden Seiten hin ab, um sich nach den Polen hin zu ergies-
e Richtung dieses oberen Passats ist natürlich der des unte-
ıde entgegengesetzt, sie ist in der nördlichen Halbkugel eine
tliche, in der südlichen Halbkugel eine nordwestliche.
s in den oberen Luftregionen wirklich ein Passat weht, welcher
eren entgegengesetzt ist, lässt sich durch Thatsachen beweisen;
z. B. am 25. Februar 1835 bei einem Ausbruche des Vulcans
guina im Staate Guatemala die Asche bis in die Höhe des obe-
ats geschleudert, der sie in südwestlicher Richtung fortführte, so
auf der Insel Jamaica niederfiel, obgleich in den unteren Luft-
der Nordostpassat herrschte.
grösserer Entfernung vom Aequator senkt sich der obere Passat
d mehr gegen die Erdoberfläche. Auf dem Gipfel des Pics von
herrschen fast immer Westwinde, während am Meeresspiegel
re Passat weht.
indischen Ocean ist die Regelmässigkeit der Passatwinde durch
guration der Ländermassen, welche dieses Meer umgeben, nament-
durch den asiatischen Continent, gestört. Im südlichen Theile
schen Oceans, zwischen Neuholland und Madagaskar, herrscht

noch das ganze Jahr hindurch der Südostpassat, in dem nördlichen dieses Meeres aber weht während der einen Hälfte des Jahres ständiger **Südwest-**, während der anderen Hälfte des Jahres ein diger **Nordostwind**. Diese regelmässig abwechselnden Wind den **Moussons** oder **Monsuns** genannt.

Der Südwestwind weht vom April bis zum September, währe übrigen Monate des Jahres weht der Nordostwind.

Während in den Wintermonaten der asiatische Continent e die Sonne aber in südlicheren Gegenden eine grössere Wärme e muss natürlich ein Nordostpassat von dem kälteren Asien nach den ren Gegenden wehen. In dieser Zeit ist auch im indischen Oc Nordostpassat von dem Südostpassat durch die Region der Caln trennt.

Das Wehen des Südostpassats wird zwischen Neuholland und gaskar nicht gestört, in den nördlichen Theilen des indischen aber, in welchen im Winter ein Nordostwind geherrscht hatte, w ser in einen Südwestwind verwandelt, weil sich nun der asiatisch nent sehr stark erwärmt und also eine Luftströmung nach Nor veranlasst, welche durch die Rotation der Erde in einen Südw verwandelt wird.

In kleinerem Maassstabe wiederholt sich die Erscheinung der sons an den Küsten von **Oberguinea** in Afrika und an der W von Südamerika vom 5. Grade südlicher Breite bis zur Lander Panama.

214 **Winde in höheren Breiten.** Der obere Passat, welc Luft von den Aequatorialgegenden zurückführt, senkt sich, wi erwähnt wurde, immer mehr und erreicht endlich auf der nördlic misphäre als **Südwestwind**, auf der südlichen aber als **Nor wind** den Boden; ausserhalb der Region der Passatwinde gehe die beiden Luftströmungen, welche die Luft von den Polen zum tor und vom Aequator zurück nach den Polen führen, nicht mel **einander**, sondern **neben einander** her, sie streben einander seitig zu verdrängen; bald erlangt der Südwest, bald der (auf der südlichen Hemisphäre bald der Nordwest, bald der die Ueberhand und bei dem Uebergange aus einer dieser Windrich in eine andere sehen wir die Zwischenwinde nach allen Richtun Windrose wehen.

Obgleich auch in höheren Breiten Südwest und Nordost d schenden Winde sind, so findet zwischen ihnen doch keine re mässige periodische Abwechselung Statt wie bei den Moussons i schen Ocean.

Die folgende Tabelle giebt die Häufigkeit der Winde in ver nen Ländern an; sie giebt nämlich an, wie oft im Durchschnitt 1000 Tagen ein jeder der acht Hauptwinde weht.

| inder. | N. | N.-O. | O. | S.-O. | S. | S.-W. | W. | N.-W. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| l . . . . . | 82 | 111 | 99 | 81 | 111 | 225 | 171 | 120 |
| ich . . . | 126 | 140 | 84 | 76 | 117 | 192 | 155 | 110 |
| land . . . | 84 | 98 | 119 | 87 | 97 | 185 | 198 | 131 |
| rk . . . . | 65 | 98 | 100 | 129 | 92 | 198 | 161 | 156 |
| en . . . . | 102 | 104 | 80 | 110 | 128 | 210 | 159 | 106 |
| d . . . . | 99 | 191 | 81 | 130 | 98 | 143 | 166 | 192 |
| erika . . . | 96 | 116 | 49 | 108 | 123 | 197 | 101 | 210 |

ir sehen aus dieser Tabelle, dass im westlichen Europa die Süd-
ide entschieden vorherrschen; besonders ist dies in England der
In Russland dagegen sind die Nordost- und Nordwestwinde vor-
end.

r Südwestwind, welcher im westlichen Europa vorherrscht, ist
f dem atlantischen Ocean zwischen Europa und Nordamerika der
ende Wind, und daher kommt es, dass die Ueberfahrt von Eng-
ch Nordamerika in der Regel länger dauert als die Rückfahrt.
ketboote, welche zwischen Liverpool und New-York fahren, legen
weg durchschnittlich in 40, den Rückweg in 23 Tagen zurück.
m im westlichen Europa vorherrschenden Südweststrome, welcher
e warmen Gewässer des atlantischen Oceans gestrichen ist und
lurch mit Wasserdämpfen beladen hat, verdankt dieses Land sein
klima. Auch tritt in Europa der Charakter des Seeklimas, näm-
lde Winter und kühle Sommer mit häufigem Regen, in solchen
entschiedener auf, in welchen der Südwestwind häufiger weht; in sol-
hren hingegen, in welchen die nordöstliche Strömung länger herrscht
öhnlich, nähert sich der Charakter der Witterung mehr dem des Con-
klimas. So wehten z. B. im Jahre 1816 zu Paris die Nord-, Nord-
st- und Südostwinde 111 Tage, die übrigen Regen bringenden
aber 255 Tage lang, und dieses Jahr war bekanntlich ein unge-
uchtes; die Regenmenge betrug 54,5$^{cm}$, die mittlere Temperatur
msten Monats war nur 15,6$^{0}$, die des kältesten 2,6$^{0}$. Im Jahre
ehten dagegen zu Paris die Nord-, Nordost-, Ost- und Südost-
156 Tage, die übrigen 209 Tage lang; die Regenmenge betrug
m Jahre nur 47,2$^{cm}$, die mittlere Temperatur des wärmsten Mo-
r 21,2$^{0}$, die des kältesten — 1,7$^{0}$. Das Jahr 1826 war also
r, sein Sommer heisser, und sein Winter kälter als im Jahre

enn in gewissen Gegenden der nördlichen Hemisphäre die Süd-
de die herrschenden sind, so sollte man meinen, dass in anderen
en der Nordoststrom vorherrschen müsse, da doch die Luft zum

Aequator zurückkehren muss. Dove meint, dass die Krümmung Isothermen darauf hindeutet, dass über die Continente der alten neuen Welt auf der nördlichen Halbkugel zwei nördliche Ströme g über die zwischenliegenden Oceane aber zwei südliche, die sich ein wisse Strecke weit über die Continente ausbreiten.

Die Existenz eines vorherrschenden Nordoststroms im Innerei Continente ist jedoch von Anderen in Zweifel gezogen worden, u der That zeigen alle bis jetzt gemachten Erfahrungen, dass in höl Breiten der nördlichen Hemisphäre entweder Südwest- oder Westw vorherrschen. Es scheint darin aber ein Widerspruch zu liegen scheint nämlich, als ob auf diese Weise dem Pole mehr Luft zust als nach dem Aequator zurückkehrt. Dieser Widerspruch lässt sich heben, wenn man bedenkt, dass der Südweststrom wärmere, we dichte Luft mit sich führt, besonders aber, dass er eine Menge von serdämpfen nach höheren Breiten bringt, welche, hier condensirt, al gen oder Schnee niederfallen; nach dem Aequator strömt aber nu ihres Wasserdampfes beraubte Luft in nordöstlicher Richtung zurüd muss also in der That dem Pole eine grössere Gasmenge zuströmen, ein Theil dieser Gase, nämlich der Wasserdampf, nicht in Gasform dem Aequator zurückströmt.

215 **Gesetz der Winddrehung.** Obgleich bei einer oberflächl Betrachtung in unseren Gegenden die Aenderungen in der Windrid ganz regellos zu sein scheinen, so haben doch aufmerksamere Beob schon lange die Bemerkung gemacht, dass die Winde in der Re folgender Ordnung auf einander folgen:

Süd, Südwest, West, Nordwest, Nord, Nordost, Ost, Südost, Süd

Am regelmässigsten lässt sich diese Drehung des Windes wä des Winters beobachten; die mit diesem Umschlagen zusammenhäng Veränderungen des Barometers und des Thermometers hat Dove schön mit folgenden Worten geschildert:

„Wenn der Südwest, immer heftiger wehend, endlich vollko durchgedrungen ist, erhöht er die Temperatur über den Gefrierp es kann daher nicht mehr schneien, sondern es regnet, während da rometer seinen niedrigsten Stand erreicht. Nun dreht sich der nach West, und der dichte Flockenschnee beweist ebenso gut de fallenden kälteren Wind als das rasch steigende Barometer, die W fahne und das Thermometer. Mit Nord heitert der Himmel sic mit Nordost tritt das Maximum der Kälte und des Barometer Aber allmälig beginnt dieses zu fallen, und feine Cirri zeigen dure Richtung ihres Entstehens den oben eingetretenen südlicheren Wind das Barometer schon bemerkt, wenn auch die Windfahne noch nicht von weiss und noch ruhig Ost zeigt. Doch immer bestimmter verd der südliche Wind den Ost von oben herab, bei entschiedenem F des Quecksilbers wird die Windfahne Südost, der Himmel bezieht

mälig immer mehr, und mit steigender Wärme verwandelt sich der bei dost und Süd fallende Schnee bei Südwest wieder in Regen. Nun geht von Neuem an, und höchst charakteristisch ist der Niederschlag auf r Ostseite von dem auf der Westseite gewöhnlich durch eine kurze Aufllung getrennt."

Nicht immer lässt sich die Drehung des Windes so rein beobachten, es eben angeführt wurde, indem häufig ein Zurückspringen des Winstattfindet; ein solches Zurückspringen wird aber weit häufiger auf r Westseite der Windrose beobachtet als auf der Ostseite. Eine vollstän- Umdrehung des Windes in entgegengesetzter Richtung, nämlich von nach Ost, Nord, West, wird in Europa höchst selten beobachtet.

Dove hat das Gesetz der Winddrehung auf folgende Weise erklärt: Wird die Luft durch irgend eine Ursache von den Polen nach dem uator getrieben, so kommt sie von Orten, deren Rotationsgeschwinkeit geringer ist, an solche Orte, welche eine grössere Rotationsschwindigkeit besitzen; ihre Bewegung erhält dadurch eine östliche htung, wie wir schon beim Passatwinde gesehen haben. Auf der llichen Halbkugel gehen deshalb die Winde, welche als Nordwinde tstehen, bei ihrem allmäligen Fortrücken durch Nordost in Ost über. auf diese Weise ein Ostwind entstanden, so wird dieser, wenn die Urhe fortdauert, welche die Luft nach dem Aequator hintreibt, hemmend den Polarstrom wirken, die Luft wird die Rotationsgeschwindigkeit Ortes annehmen, über welchem sie sich befindet, und wenn nun die denz, nach dem Aequator zu strömen, immer noch fortdauert, so gt der Wind nach Norden zurück, und dieselbe Reihe von Erscheigen wiederholt sich.

Wenn aber, nachdem die Polarströme eine Zeitlang geherrscht haund die Windrichtung östlich geworden ist, Aequatorialströme ein-, so wird der Ostwind durch Südost nach Süd umschlagen. Wenn Luft von Süden nach Norden fortströmt, so gelangt sie mit der grösse- Rotationsgeschwindigkeit derjenigen Parallelkreise, welche dem Aequaher liegen, an Orte, welche eine geringere Rotationsgeschwindig- haben; sie wird also der von Westen und Osten rotirenden Erdoberhe mit noch grösserer Rotationsgeschwindigkeit gleichsam voraneilen, südliche Windrichtung wird allmälig südwestlich und dann westlich den müssen. Bei fortdauernder Tendenz der Luft, nach dem Pole zu en, wird der Wind alsbald wieder nach Süd zurückspringen, gerade wie der Ost nach Norden zurückspringt; wenn aber die Aequatorialung durch eine Polarströmung verdrängt wird, so schlägt der West- durch Nordwest nach Norden um.

Auf der südlichen Halbkugel muss der Wind in entgegengesetzter tung umschlagen.

Wo in den Tropen die Passatwinde wehen, giebt es an der Erdoberhe selbst gar keine vollständige Drehung, die Richtung des Passats nur bei seinem Vordringen immer mehr östlich.

In der Region der Moussons findet im Laufe eines ganzen Jahres nur eine einzige Drehung Statt. Man sieht also, dass die Windverhältnisse der Tropen der einfachste Fall des Drehungsgesetzes sind.

216 **Barometrische und thermometrische Windrose.** Es ist schon mehrfach erwähnt worden, dass die Windrichtung einen wesent- lichen Einfluss auf die Höhe der Quecksilbersäule im Barometer hat. Die folgende Tabelle giebt die mittlere Barometerhöhe für jeden der acht Hauptwinde an mehreren Orten Europas in Millimetern an.

| Winde. | London. | Paris. | Berlin. | Moskau |
|---|---|---|---|---|
| Nord . . . . . . . . | 759,20 | 759,09 | 758,68 | 743,37 |
| Nordost . . . . . . . | 760,71 | 759,49 | 759,36 | 745,06 |
| Ost . . . . . . . . . . | 758,93 | 757,24 | 758,77 | 743,90 |
| Südost . . . . . . . | 756,83 | 754,03 | 754,69 | 741,74 |
| Süd . . . . . . . . . . | 754,37 | 753,15 | 751,33 | 740,63 |
| Südwest . . . . . . . | 755,25 | 753,52 | 752,57 | 740,34 |
| West . . . . . . . . . | 757,28 | 755,57 | 756,00 | 741,06 |
| Nordwest . . . . . . | 758,03 | 758,78 | 756,62 | 741,76 |

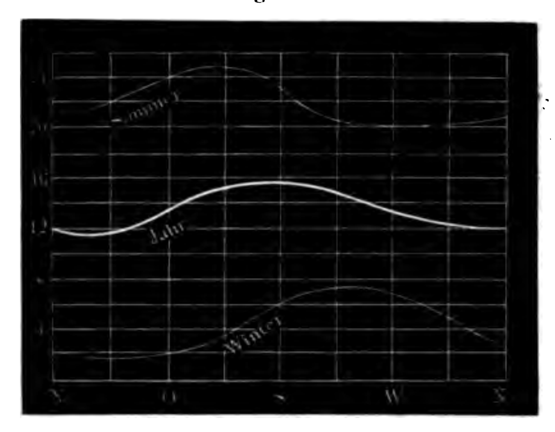
Indem man die mittlere Temperatur aller derjenigen Tage ein… an welchen im Laufe des Jahres ein und derselbe Wind weht, erh… man die mittlere Temperatur dieses Windes. Die folgende Tabelle gi… die mittlere Temperatur der Hauptwinde für mehrere Orte an.

| Winde. | Paris. | Carlsruhe. | London. | Moskau |
|---|---|---|---|---|
| Nord . . . . . . . . . | 12,03 | 9,88 | 8,00 | 1,21 |
| Nordost . . . . . . . | 11,76 | 8,30 | 7,63 | 1,44 |
| Ost . . . . . . . . . . | 13,50 | 8,51 | 8,38 | 3,38 |
| Südost . . . . . . . . | 15,25 | 12,20 | 9,50 | 4,63 |
| Süd . . . . . . . . . . | 15,43 | 12,61 | 10,00 | 5,96 |
| Südwest . . . . . . . | 14,93 | 11,00 | 10,13 | 5,69 |
| West . . . . . . . . . | 13,64 | 12,20 | 9,25 | 5,40 |
| Nordwest . . . . . . | 12,39 | 11,50 | | 3,33 |

Nach dieser Tabelle ist für Paris die mittlere der drei Curven i… Fig. 304 construirt. Man sieht, wie für Paris, sowie für die ander…

hrten Orte, die Temperatur der Luft im Durchschnitt für die nörd-
Winde niedriger ist als für die südlichen.

Fig. 304.



ie oberste und unterste der drei Curven zeigen, wie sich im Durch-
die mittlere Temperatur im Sommer und im Winter zu Paris (und
stlichen Europa überhaupt) mit der Windrichtung ändert. Es
sich hier zwischen Sommer und Winter ein entschiedener Gegen-
Im Sommer bringen Südwest-, West- und Nordwestwinde die nie-
Temperatur, während im Winter gerade die Südwest- und West-
eine Erhöhung der Lufttemperatur zur Folge haben, und die
Kälte bei Nord-, Nordost- und Ostwinden stattfindet. Der Grund
ist leicht einzusehen. Die westlichen Winde kommen über das
zu uns und überziehen den Himmel meistens mit einer Wolken-
welche sowohl die Erwärmung des Bodens durch die Sonnenstrah-
i Tag, als auch die Erkaltung desselben durch Ausstrahlung der
e bei Nacht verhindert. Im Sommer ist die Wirkung der Sonnen-
n bei Tag, im Winter dagegen ist die nächtliche Strahlung über-
d, die Wolkenhülle hindert also im Sommer die stärkere Erwär-
im Winter die stärkere Erkaltung des Bodens. Dagegen werden
mmer diejenigen Winde eine grössere Wärme bringen, welche den
el heiter machen, während im Winter gerade bei heiterem Himmel
össte Kälte eintreten muss.

**leisse Winde.** Da die Luft ihre Wärme von dem Boden em- **217**
, auf welchem sie ruht, so ist es begreiflich, dass die Temperatur
inde von der Beschaffenheit der Gegenden abhängt, von welchen
kommen. Winde, welche von den mit Schnee und Eis bedeckten
Gegenden kommen, bringen eine niedrige Temperatur mit, und selbst
nmer ist in unseren Gegenden der erkaltende Einfluss der Nord-
de nicht ganz verwischt. Obgleich der Nordost den Himmel hei-

ter macht und die kraftvolle Einwirkung der Sonnenstrahlen in dieser Jahreszeit ermöglicht, so findet um diese Zeit doch die grösste Hitze Statt, wenn Ost- und Südostwinde wehen.

Die Meeresoberfläche wirkt im Allgemeinen ermässigend auf die Temperatur der Luft, weil das Wasser selbst die Wärmestrahlen weniger absorbirt als das Festland, und weil eine bedeutende Wärmemenge bei der auf dem Meere fortwährend stattfindenden Verdunstung gebunden wird.

Wo die Sonnenstrahlen nahe rechtwinklig auf einen nicht durch eine Pflanzendecke geschützten Fels- oder Sandboden fallen, da wird der Boden ausserordentlich stark erhitzt werden, und diese hohe Temperatur wird sich auch der Luft mittheilen, welche auf dem erhitzten Boden ruht; es ist deshalb begreiflich, dass die Winde, welche von vegetationslosen Wüsten der Tropen oder ihren benachbarten Landstrichen kommen, sich durch eine hohe Temperatur auszeichnen.

Die von der Wüste her wehenden heissen und trockenen Winde führen in verschiedenen Gegenden verschiedene Namen. In Arabien, Persien und den meisten Gegenden des Orients wird dieser heisse Wind Samum (Giftwind) genannt; in Aegypten, wo er im Frühjahr ungefähr 50 Tage lang weht, heisst er Chamsin (fünfzig), an den westlichen Grenzen der Sahara in Senegambien und Guinea führt er den Namen Harmattan.

Alle Berichte stimmen darin überein, dass sich die Annäherung der Wüstenwinde schon durch eine Verdüsterung des sonst in jenen Gegenden reinen Horizontes ankündigt. Die Luft verliert ihre Durchsichtigkeit, die Sonne ihren Glanz und, blasser als der Mond, wirft sie keinen Schatten mehr, das Grün der Bäume erscheint als schmutziges Blau. Es rührt dies von den Sand- und Staubtheilchen her, welche der Sturm in die Höhe jagt und mit sich fortführt. Gerade dieser Umstand aber trägt dazu bei, die Temperatur der Luft so sehr zu erhöhen; denn wenn der oft bis zu 50° R. erhitzte Sand in die Höhe gejagt wird, so geben die einzelnen Sandkörnchen bald einen Theil ihrer Wärme an die Luft ab, deren Temperatur dadurch auf 34 bis 38° R. steigt. Dazu ist die Luft ungemein trocken; deshalb verschwindet rasch der Schweiss von der Oberfläche des Körpers, der Gaumen wird trocken, die Respiration schwierig. Ebenso ist das Wasser, welches die Reisenden der Wüste in Schläuchen mit sich führen, unter dem Einfluss des Samums einer raschen Verdunstung ausgesetzt. Nur durch diese Trockenheit, nicht etwa durch eigenthümlich giftige Bestandtheile, wie man wohl früher glaubte, ist der Samum gefährlich. (Kämtz, Meteorologie, I. Bd. S. 267.)

In ähnlicher Weise wie bei den Sandwüsten von Asien und Afrika zeigen sich heisse Winde überall da, wo mehr oder weniger vegetationslose Landstriche eine starke Erhitzung des Bodens gestatten. So sind in Neuholland die vom Lande her kommenden Winde fast immer sehr trocken und heiss.

südlichen Europa finden wir noch sehr heisse Winde, so den So-
ı südlichen Spanien und den Sirocco in Italien, welcher zu Pa-
lters das Thermometer im Schatten bis auf 36° R. steigen macht.
Vinde kommen von Afrika her. Auf dem Wege über das Meer
ı sie zwar etwas von ihrer hohen Temperatur und namentlich
er Trockenheit, allein in den Ebenen von Andalusien und über
kten Felsen von Sicilien werden sie aufs Neue erhitzt, und so
es denn, dass der Sirocco zu Palermo weit heisser ist als an den
en von Sicilien und auf der Insel Malta. Der Sirocco ist stets
ser, aber an verschiedenen Localitäten bald feuchter, bald trocke-
l- oder Südostwind.

ı in neuerer Zeit vielfach besprochener warmer und zugleich
ner Wind ist der Föhn, welcher als eine locale Erscheinung
weise in den nordöstlichen Abhängen der schweizerischen Alpen
Das eigentliche Föhngebiet umfasst den unteren Theil des
heinthals, den Prättigau, das Rheinthal von Chur bis gegen Alt-
hin, das Thal von Bludenz (Vorarlberg), die Kantone Appenzell,
Uri, Schwyz, die östliche Hälfte von Unterwalden und theilweise
ner Oberland und das obere Rhonethal. Manchmal werden auch
m eigentlichen Föhngebiet benachbarte Gegenden von föhnartigen
getroffen.

ı eigentlichen Föhnzeiten sind Herbst, Winter und Früh-
n Sommer erscheint der Föhn am seltensten und am schwächsten.
ch den Aussagen der Einwohner der genannten Gegenden frisst
n im Winter den Schnee weg, er bringt die warmen Frühlings-
trocknet das Heu auf den Alpen und reift die Trauben in den
· Thälern. In den Häusern wird das Feuer des Heerdes oder des
rgsam gelöscht. In vielen Thälern ziehen die Feuerwachen
s zu Haus, um sich von jenem Auslöschen zu überzeugen, da bei
dörrung alles Holzwerkes durch den Wind ein einziger verwahr-
unke grosses Brandunglück stiften kann. Die beste Auskunft
ı physikalische Natur des Föhns verdankt man den innerhalb des
ietes gelegenen schweizerischen meteorologischen Stationen. —
st erlebte einen Föhnsturm am 15. und 16. August 1868 zu
. Die Lufttemperatur betrug am 16. gegen 11 Uhr Morgens
, während das feuchte Thermometer des Psychrometers (s. den
henden Paragraph des nächsten Capitels) auf 19,2° C. stand.
ergiebt sich, dass die Luft nur 26 Procent des Wasserdampfes
welcher zu ihrer Sättigung nöthig gewesen wäre.

tz der grossen Trockenheit, welche während eines Föhnsturmes
Thälern herrscht, ist der Himmel doch bewölkt und mit dem Nach-
s Föhns stellt sich Regen- oder Schneefall ein.

ı Barometer fällt während eines Föhnsturmes tief unter seinen
ı Stand. Die Richtung der Föhnstürme geht vorzugsweise von
h Nord oder von Südost nach Nordwest.

Die hohe Temperatur und die Trockenheit des Föhns hat di
nung hervorgerufen, als sei er ein die Alpen überschreitender t
ner Sirocco und demzufolge suchte man den Ursprung des Föhns i
Sahara. Diese Meinung erhielt eine weitere Stütze dadurch, das
den geologischen Untersuchungen von Desor und Escher vo
Linth die Sahara jüngeren Alters ist, d. h. dass sie sich erst in
späteren geologischen Periode über das Niveau des Meeres erhob
dann eine Erhöhung der Temperatur Europas und die Reductio
früher viel ausgedehnteren Gletscher in den Alpen zur Folge gehal
ben soll; kurz man brachte den Föhn mit dem Aufhören der Ei
in einen causalen Zusammenhang.

Gegen diese Ansicht trat zuerst Dove auf, indem er darauf hi
dass die von der Sahara aufsteigende trockne Luft in Folge der Ro
der Erde im Allgemeinen nicht nach Norden, sondern nach Nor
hin abfliessen müsse, also nicht die Alpen, sondern das östliche E
und Westasien treffen müsse, dass nur in Ausnahmefällen die Lu
der Sahara nach den Alpen gelangen könne, dass also der Föh
einen vom atlantischen Ocean her über Europa dahin brausenden Ae
torialstrom zurückzuführen sei. Mühry bezeichnet den Föhn al
localisirte Aenderung eines allgemein herrschenden Aequatorialst
und damit stimmt auch Wild überein, welcher den Föhn gleichfal
einen in Form eines Wirbelsturmes über Europa dahinbrau
Aequatorialstrom zurückführt, der theilweise auch noch in das Mitt
eindringt. Wenn die Axe eines solchen Wirbelsturmes (siehe den
sten Paragraph) ungefähr in der Richtung von Bordeaux nach
hinzieht, so wird, da ein solcher Sturm stets von einer bedeutende
verdünnung begleitet ist, die Luft gleichsam aus den nördlichen
thälern herausgesaugt und das Barometer muss bis ganz in die Nä
Gebirgskammes tief unter seinen mittleren Stand sinken. Auf den
abhang der Alpen kann sich aber dieses Sinken des Barometers sic
strecken, weil die Parthieen des Wirbelsturmes, welche über Nord
gegen den Wall der Alpen anprallen, hier in ihrem Fortgang auf
ten, eine Stauung der Luft veranlassen werden.

Sehr schön wird dies durch die Untersuchungen Dufours üb
Föhnsturm vom 23. September 1866 erläutert. Nach seinen Zusa
stellungen stand das Barometer an jenem Tage

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| an den Nordwestküsten Europas um . . . | 15 | bis | 22$^{mm}$ | unt |
| im mittleren und südlichen Deutschland um | 10 | „ | 17 | de |
| in der ebenen Schweiz um . . . . . . . | 6 | „ | 14 | Mit |
| in den nördlichen Alpenthälern um . . . . | 4 | „ | 10 | |
| auf den hochgelegenen Stationen der Alpenkette um . . . . . . . . . . . | 0,7 | bis | 1,4$^{mm}$ | üb |
| zu Athen um . . . . . . . . . . . . | 4 | „ | 5 | de Mit |

Auf der einen Seite der Alpenkette stand also an jenem Föhntage
larometer unter, auf der anderen Seite stand es über dem Mittel.
Auch über die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse während
Föhnsturmes geben uns Dufour's Untersuchungen Auskunft. In
olgenden kleinen Tabelle (ein Auszug aus der weit umfassenderen
)ufour gegebenen) findet man angegeben, wie hoch an den ge-
:en Orten das Thermometer über und um wie viel Procent der
ıtigkeitsgehalt während des Föhns am 23. September unter dem
l aus den drei vorhergehenden und den drei folgenden Tagen stand.

| | Temperatur. | Feuchtigkeit. |
|---|---|---|
| Basel . . . . . | + 3,8° C. | — 9 Procent. |
| Schwyz . . . . | + 6,5 | — 29 " |
| Altdorf . . . . | + 6,6 | — 16 " |
| Gotthard . . . . | + 0,9 | |
| Faido . . . . . | — 0,7 | + 14 " |

Zu Faido im Ticinothal, südlich vom Gotthard, war also am 23.
mber 1866 während des Föhnsturmes die Temperatur der Luft nie-
', der Feuchtigkeitsgehalt aber bedeutender als an den drei vorher-
den und den drei folgenden Tagen, während nördlich vom Gott-
ntschieden das Gegentheil stattfand. Während des fraglichen Föhn-
war die Temperatur und der Barometerstand im Mittel zu

| | Thermometer. | Barometer. |
|---|---|---|
| Altdorf . . . . . . . . | 21,8° C. | 719mm |
| St. Gotthard . . . . . . | 5,2 | 593 |
| Faido . . . . . . . . . | 14,0 | 701 |

r also zu Altdorf um 16,6° C. wärmer als auf dem Gotthard, wäh-
lie mittlere Jahrestemperatur für Altdorf die des Gotthard nur um
. übertrifft.
)ie hohe Temperatur und Trockenheit des Föhns in den nördlichen
thälern ist, wie dies von mehreren Naturforschern angedeutet, na-
ich aber von Wild und von Hann ausgeführt worden ist, auf den
ınd zurückzuführen, dass die vom Kamm des Gebirges sich rasch
hal hinabsenkende Luftmasse eine namhafte Verdichtung und in
der dabei frei werdenden Wärme eine Temperaturerhöhung erfährt.
Vir wollen dies an einem speciellen Beispiel nachweisen. Die von
her gegen die Alpen anstürmende Luftmasse ist genöthigt, an
üdabhange des Gebirges in die Höhe zu steigen, mit diesem Auf-
ı ist aber eine Ausdehnung, also auch eine Wärmebindung und
'emperaturerniedrigung verbunden, welche aber zum Theil
:h neutralisirt wird, dass die Abkühlung der mit Feuchtigkeit ge-
en Luft eine theilweise Condensation von Wasserdämpfen, also
in Freiwerden der Wärme zur Folge hat. So kommt es denn, dass
n genannten Föhntage die Temperatur-Differenz zwischen Faido

(nur wenig höher gelegen als Altdorf) und dem Gotthard nur 14 - = 8,8° C. beträgt. Auf dem Kamme des Gotthards ist die Lu 5,2° C. unter einem Barometerstand von 593mm mit Feuchtigkeit tigt. Bis Altdorf herabstürzend wird die Dichtigkeit dieser Luft i hältniss von 593 zu 719 vermehrt und wir wollen nun berechnen, Temperaturerhöhung eine solche Verdichtung zur Folge haben mus

Denken wir uns 1 Liter Luft von 593mm Spannkraft in einem len Cylinder, Fig. 305, von 1 □-Decimeter Basis durch einen lichen Kolben $K$ abgesperrt, welcher sich 1 meter hoch über dem Boden befindet, so müs Kolben um 1,75 Centimeter, oder was dassel um 0,0175 Meter hinabgedrückt werden, we Spannkraft der eingeschlossenen Luft bis zu gesteigert werden soll. Die Arbeit, welche dieses Niederdrücken des Kolbens geleistet wi nahezu dieselbe, als ob für den ganzen vom zurückgelegten Weg die Spannkraft der Lu eine von 593 bis 719 Millimeter wachsende, s eine gleichbleibende, dem Mittel aus den Grenzwerthen gleiche, also 656 Millimeter betr wäre. — Um aber der abgesperrten Luft, we Spannkraft 656 Millimeter betrüge, das gewicht zu halten, müsste der von aussen ge Kolben auszuübende Druck $103{,}3\,\frac{656}{760} = 8$ gramme betragen. Demnach ist die Arbeit, welche geleistet wird man den Kolben unter den erwähnten Umständen um 0,017 niederdrückt,

Fig. 305.




$$89 \,.\, 0{,}0175 = 1{,}56 \text{ Meterkilogramm.}$$

Dieser Arbeit entspricht aber eine Wärmemenge von

$$\frac{1{,}56}{425} = 0{,}00367 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Wenn einer Luftmenge von $q$ Kilogrammen eine Wärmeme $w$ Calorien mitgetheilt wird, so beträgt die dadurch hervorg Temperaturerhöhung

$$t = \frac{w}{q \,.\, c} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; .$$

in welcher Gleichung man in unserem Falle für $c$ die specifische der Luft bei constantem Volum, also 0,17, zu setzen hat. Setzen Gl. 1) ferner $w = 0{,}00367$, für $q$ das Gewicht eines Liters L 593 Millimeter Spannkraft, also $q = 0{,}001293\,\frac{593}{760} = 0{,}001$ Kil

...thommt

$$t = \frac{0,00367}{0,001 \cdot 0,17} = 21,5^0 \text{ C.},$$

n also die Luft vom Gotthard bis Altdorf herunterstürzend im an- ›enen Verhältniss comprimirt wird, müsste ihre Temperatur um C. erhöht werden, wenn alle durch diese Verdichtung entwickelte ne nur der comprimirten Luft selbst zukäme. Obgleich dies aber der Fall ist, bleibt doch noch eine Temperaturerhöhung von — 5,2 = 16,6° für die niederstürzende Luftmasse übrig. Diese nasse muss aber eine sehr trockene sein, da sie nur für 5,2° mit erdampf gesättigt ist.

Eine dem Föhn ganz ähnliche Erscheinung tritt an den südwest- ı Küsten des Caspischen Meeres auf (Jelinek, Zeitschrift für ›rologie II, 161). Ein im Winter plötzlich auftretender Südwest ırt, obgleich er von dem schneebedeckten Elbrusgebirge herab- nicht nur die Temperatur gewaltig, sondern er trocknet alles Holz ıassen aus, dass der Feuersgefahr wegen jedes Feuer im Lande aus- :ht werden muss.

Stürme. Die Geschwindigkeit des Windes ist eine sehr veränder- Grösse. Ein Wind, dessen Geschwindigkeit nicht über 4 Fuss in ecunde beträgt, ist kaum merklich. Bei einer Geschwindigkeit von 8 Fuss in der Secunde ist der Wind angenehm. Ein starker Wind 0 bis 40, ein heftiger Wind hat 40 bis 60 Fuss Geschwindigkeit in ecunde. Geht die Geschwindigkeit des Windes über diese Gränze s, so wird er Sturm genannt. Die stärksten Stürme, deren Ge- ndigkeit 120 bis 150 Fuss in der Secunde (30 bis 37 deutsche Mei- der Stunde) beträgt, werden mit dem Namen Orkane bezeichnet. 218

Von der mechanischen Gewalt eines solchen Orkans kann man sich Begriff machen, wenn man bedenkt, dass er bei der angegebenen windigkeit gegen eine Oberfläche von 1 Quadratfuss, welche der ung des Sturmes rechtwinklig entgegengesetzt ist, einen Druck von s 50 Pfunden ausübt.

Furchtbar sind in der That die Verheerungen, welche solche Stürme rten. Der grosse Sturm, welcher in der Nacht vom 26. auf den 27. nber 1703 Frankreich, England und die Niederlande heimsuchte, ›e in England 800 Häuser und 400 Windmühlen um; durch den- ı wurden 250 000 mächtige Baumstämme zersplittert oder entwur- 100 Kirchen abgedeckt und der Leuchtthurm von Eddystone um- rfen; 390 Schiffe gingen an der Küste zu Grunde.

Im November 1836 wüthete ein Sturm an den Küsten von Frank- und Belgien. In Ostende war kaum ein Haus, welches nicht ent- gewesen wäre, und so gross war der Bedarf an Ziegeln, dass ihr von 16 auf 30 Gulden fürs Tausend stieg.

Noch weit furchtbarer ist die Gewalt der Orkane in der heissen Westindien wird sehr häufig von Stürmen heimgesucht, welche

unter dem spanischen Namen Tornados (Drehstürme) oder dem englischen Hurricanes bekannt sind. Nach einem Sturme, welcher am 2. August 1837 einen Theil der westindischen Inseln verwüstete, sperrten die Trümmer von 36 Schiffen den Hafen von St. Thomas; das Fort am Eingang desselben war so zerstört, als ob es durch eine Batterie eingeschossen worden wäre; Vierundzwanzigpfünder waren von den Wällen heruntergerissen. In St. Bartholome wurden durch diesen Sturm 250 Gebäude zerstört, und von den 33 in Portorico vor Anker liegenden Schiffen konnte keines gerettet werden, obschon man, durch das bedeutende Sinken des Barometers gewarnt, alle möglichen Vorsichtsmaassregeln getroffen hatte.

Am 10. August 1831 wurde Barbadoes von einem Sturm getroffen, welcher die Umgebung von Bridgetown in eine Wüste verwandelte. Bis auf einige Flecken welken Grüns war alle Vegetation vernichtet. Einige wenige Bäume, welche stehen geblieben waren, gewährten, ihrer Blätter und Zweige beraubt, einen kalten, winterlichen Anblick, und die zahlreichen Landsitze in der Nähe von Bridgetown, vorher von dichten Gebüschen beschattet, lagen nun frei in Trümmern.

219 **Verminderung des Luftdrucks bei Stürmen.** Der tiefste Punkt der Witterungsscala an unseren gewöhnlichen Zimmerbarometern ist mit „Sturm" bezeichnet, und in der That sind die Stürme stets von einer bedeutenden Verminderung des Luftdrucks begleitet. Während des erwähnten Sturmes vom 2. August 1837 sank zu Portorico das Barometer um 18, zu St. Thomas um 21 Linien. Auf St. Mauritius stand das Barometer am 6. März 1836 Morgens 5 Uhr noch auf 337''' und fiel bis zum 8. März um 8 Uhr bis auf 318''', während ein furchtbarer Orkan auf der Insel hauste.

Am 18. Januar 1818 fiel das ohnehin schon tief stehende Barometer zu Königsberg um 8 Linien, während ein Sturm von den englischen Küsten bis Memel, auf einer Strecke von 240 Meilen Länge und 41 Meilen Breite, seine verwüstende Kraft äusserte.

Am Weihnachtsabend des Jahres 1821 sank während eines heftigen Sturmes das Barometer zu Brest um 22, zu London um 22, zu Harlem und Paris um 18, zu Strassburg um 16, zu Berlin und Genf um 13 Linien unter den mittleren Stand.

Scoresby empfiehlt den Seeleuten dringend den Gebrauch des Barometers. Durch ein Fallen seines Schiffsbarometers um 9,3 Linien aufmerksam gemacht, entrann er am 5. April 1819 in der Baffinsbai den Gefahren eines zwei Tage lang wüthenden Sturmes.

Jedenfalls sind die Stürme stets die Folge einer bedeutenden Störung im Gleichgewicht der Atmosphäre, und höchst wahrscheinlich wird diese Störung von einer raschen Condensation der Wasserdämpfe bedingt. Durch eine solche Condensation wird aber nicht bloss unmittelbar eine Luftverdünnung erzeugt, sondern auch, weil bei Rückkehr der Dämpfe

gasförmigen in den tropfbar flüssigen Zustand stets viel Wärme
d, ein mächtig aufsteigender Luftstrom, in Folge dessen dann
n Seiten die Luft mit Gewalt nach den Orten der Verdünnung
it, während das Minimum des Luftdruckes selbst eine fortschrei-
wegung hat.

s ist die Erklärung, welche Brandes von der Entstehung der
gegeben hat. Dove hat aber nachgewiesen, dass diese Theorie
entlichen Modificirung bedarf, wenn sie mit der Erfahrung in
stimmung gebracht werden soll; er hat gezeigt, dass die Wind-
, wie man sie zu Anfang und zu Ende des Sturmes beobachtet,
it der Annahme eines einfachen, geradlinigen Hinströmens der
h dem Orte der grössten Luftverdünnung harmonirt, dass viel-
Luft um das im Raum fortschreitende barometrische Minimum
urz, dass die Stürme Wirbel im grossartigsten Massstabe sind.
hrend des Sturmes vom 24. auf den 25. December 1821 schritt
imum des Luftdrucks von Brest bis zum Cap Lindenäs (an
spitze von Norwegen), also in der Richtung des Pfeils $AC$,
(a. f. S.), vor. Nach der früheren Theorie hätte also in London zu An-
Sturmes ein Nordost, zu Ende desselben ein Südwest wehen
während in der That zu London die Windfahne anfangs Süd-
te und dann rasch in Nordwest umschlug.

h Dove's Sturmtheorie schreiten in der nördlichen gemässigten
Stürmen die barometrischen Minima, also die Mittelpunkte der
ewegung in der Richtung von Südwest nach Nordost vorwärts,
e Rotationsrichtung die in der Figur angedeutete ist, nämlich
gesetzt dem Laufe des Zeigers einer Uhr. — Nach dieser Theo-
te in der That London Südostwind haben, als die Luft um den
l wirbelte, dagegen musste in London Nordwest wehen, nachdem
päter $C$ der Mittelpunkt der Wirbelbewegung geworden war.

östlich von dem Wege, auf welchem die Mittelpunkte der Wir-
chreiten, muss nach Dove's Theorie, wie man aus der Betrach-
Punktes $o$, Fig. 306, ersieht, der Wind zu Anfang des Sturmes
einsetzen und dann durch S, SW, W nach WNW umschlagen,
u Harlem wirklich stattfand. In Orten, welche von dem Mittel-
des Sturmes entfernter liegen, wie $r$ oder $s$, muss der Wind nach
orie zu Anfang des Sturms S oder SSW, zu Ende desselben
ein, und in der That drehte sich zu Karlsruhe während des Stur-
Windfahne von S nach SW.

f der Nordwestseite des Sturmes schlägt der Wind von OSO
, NO, N nach NNW um.

r die Seefahrer ergeben sich daraus folgende praktische Regeln,
er nördlichen gemässigten Zone so viel als möglich dem Bereich
treffenden Wirbelsturmes zu entgehen: Wenn bei stark fallen-
rometer der Wind als Südost einsetzt und sich durch Süd nach
indreht, so muss das Schiff nach Südost hinsteuern; setzt hin-

gegen der Wind in östlicher Richtung ein, um nach Nord hin um
schlagen, so muss das Schiff nach Nordwesten steuern (Dove in Po
gendorff's Annal. LII.).

Fig. 306.




Redfield in New-York ist durch sorgfältige Untersuchung de
scheinungen, welche die an den Küsten der Vereinigten Staaten hi
Stürme begleiten, ganz zu denselben Resultaten gelangt, welche I
für Europa erhalten hatte.

220 **Richtung der Stürme in der heissen Zone.** Ueb
tropischen Stürme hat Reid, Gouverneur der Bermudas-Inseln, ei
ches Material in einem Werke niedergelegt, welches im Jahre 18
London unter dem Titel: „An attempt to develop the law of storms
erschien. Aus Reid's Untersuchungen ergiebt sich, dass auch die S
der tropischen Zone Wirbel sind.

Die Richtung, in welcher die Wirbel rotiren, ist für die nö
Hälfte der heissen Zone dieselbe, wie die im vorigen Paragraph
trachtete; dagegen schreiten die westindischen Hurrikans i

von Südost nach Nordwest vor, so lange sie in der tropischen ben; sobald sie aber in die gemässigte Zone gelangen, biegen chtwinklig um und gehen nun von Südwest nach Nordost, wie auf dem Kärtchen Fig. 307 sieht, welches den Verlauf des Sturmes darstellt, welcher in der Mitte August 1837 die östlichsten der westindischen Inseln traf.

Fig. 307.



Von den zahlreichen Beispielen, welche Reid für dieses Verhalten der westindischen Stürme beibringt, wollen wir nur noch eines anführen. Der dicht bei den kleinen Antillen vorbeistreifende Sturm vom August 1830 traf St. Thomas am 12., war am 13. in der Nähe der Turks-Inseln, am 14. bei den Bahamas, am 15. an den Küsten von am 16. längs der Küste von Georgien und Carolina, am 17. von Virginien, Maryland und New-York, am 18. auf der ank und Cap Sable, am 19. auf der New-Foundlandsbank. ücken dieses Sturmes betrug also im Durchschnitt $13^1/_2$ deutn in der Stunde. Die Geschwindigkeit, mit welcher der Sturm überhaupt fortschreitet, ist übrigens wohl zu unterscheiden von der ungleich grösseren Geschwindigkeit, mit welcher die Luft in den Wirbeln fortgerissen wird.

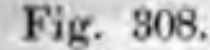
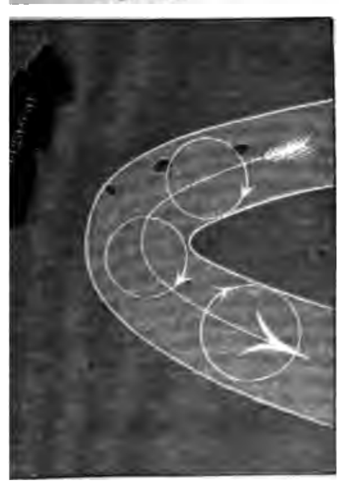


Fig. 308.



Auf der südlichen Hemisphäre ist die Richtung der Sturmwirbel die entgegengesetzte von der bisher betrachteten. Innerhalb der heissen Zone geht das Minimum des Luftdrucks in der Richtung von Nordost nach Südwest voran, biegt aber beim Uebergang in die südliche gemässigte Zone in die nordwestliche Richtung um, wie das Kärtchen Fig. 308 zeigt, welches

den Verlauf eines Sturmes darstellt, welcher im März 1809 die Insel St. Mauritius traf.

Die unter dem Namen der **Tyfoons** in den chinesischen Meeren bekannten Stürme schreiten von O nach W oder von OSO nach WNW fort, während die Rotationsrichtung der Wirbel dieselbe ist wie auf dem nördlichen atlantischen Ocean.

221 **Tromben und Wasserhosen.** Wir haben bisher nur Wirbelwinde im grossartigsten Maassstabe betrachtet; ganz ähnliche Erscheinungen finden aber auch im kleinsten Maassstabe Statt. Oft sieht man an heissen Sommertagen bei sonst ruhigem Wetter, dass Sand und Staub durch den Wind in wirbelnder Bewegung fortgeführt werden. Bei herannahenden Gewittern sieht man schon grössere Luftwirbel der Art, welche ausser Staub und Sand noch Blätter, Stroh, kleine Baumzweige u. s. w. mit in die Höhe nehmen. Wirbelwinde von grösseren Dimensionen und grösserer mechanischer Gewalt werden **Wettersäulen** oder **Tromben** genannt. Wahrscheinlich werden sie durch den Kampf zweier in den oberen Luftregionen in entgegengesetzter Richtung wehenden Winde erzeugt. Wenn solche Wirbel über Land hinwegziehen, so bilden sie aus dem aufgewühlten Staub einen oben an Breite abnehmenden Kegel, welcher den Weg des Wirbels von weitem sichtbar macht; zieht aber das Meteor über das Meer, über Seen oder Flüsse hin, so wird in gleicher Weise das Wasser in wirbelnder Bewegung mit in die Höhe gerissen und so entstehen die **Wassertromben** oder **Wasserhosen**.

Solche Tromben sind im Stande, Bäume zu entwurzeln, Häuser abzudecken, Balken mehrere hundert Schritte weit fortzuschleudern. Mohr giebt im 36. Bande von **Poggendorff's Annalen** eine sehr instructive Beschreibung einer am 1. Mai 1835 zu Coblenz beobachteten Trombe, welcher wir Folgendes entnehmen.

Um halb drei Uhr bildete sich am Fusse des Alexander-Forts, im Felde von Neuendorf, ein Wirbelwind, der rasch zu einer fürchterlichen Stärke heranwuchs, Sand und Staub aufwühlte und mit sich fortführte. Er nahm seine Richtung von Nordwest nach Südost, gerade auf die Landspitze zu, welche das linke Rhein- und das linke Moselufer mit einander bilden. Eine Frau, welche mit einem Korbe auf dem Kopfe aus dem Felde kam, wurde durch die Trombe zu Boden geworfen und der Korb hoch durch die Luft auf die andere Rheinseite fortgeführt. Die Staubwolke, welche wirbelnd über die Erde fortzog, war grau von Farbe und undurchsichtig. Sie hatte eine schräge Lage nach der Strömung des Windes, in den höheren Regionen mit dem oberen und breiteren Theile nach vorn, den unteren schmäleren gleichsam nach sich ziehend. Sie hatte die scheinbare Form eines Trichters, dessen Spitze nach unten gekehrt einen Durchmesser von 30 bis 40 Fuss hatte, dessen oberer Durchmesser aber 3- bis 4mal so gross war. An Höhe hatte sie bald alle nahe gelegenen Häuser weit überstiegen.

)ie Bewegung dieser Trombe war von einem fürchterlichen Sausen
tet. Der erste höhere Gegenstand, welchen sie traf, war eine Saf-
›rik. Unter fürchterlichem Geprassel wurde das Dach des hinteren
des losgerissen und über das Hauptgebäude hinweg etwa 40 Schritte
ns Feld geschleudert. Fenster wurden zertrümmert, Laden und
›rflügel herausgerissen und Alles weit herumgestreut. Die auf dem
ıer aufgehangenen Häute wurden von der Trombe fortgerissen, so
ıan sie wie schwarze Vögel hoch in den Lüften dahinfliegen sah.
'on da bewegte sich die Trombe rasch gegen die etwa noch 100
te entfernte Mosel hin, wo sich das ganze Schauspiel veränderte.
irdtrombe wurde nämlich eine Wasserhose; sie wühlte das
r in so wildem Brausen auf, dass es auf der ganzen Basis schäu-
auf eine bedeutende Höhe wirbelnd hinaufgezogen wurde, während
halb des Wirkungskreises der Wasserspiegel weder gestört noch
t wurde. Der Durchmesser des Trichters nahm über die Hälfte
ssbettes ein. Auf der Landspitze angekommen, welche das rechte
· mit dem linken Rheinufer bildet, an der Ecke des ehemaligen
hen Hauses, schien das Meteor einige Augenblicke stille zu stehen,
aber alsbald seinen Weg in gerader Richtung über den Rhein
Ehrenbreitstein hin fort.
ıuf der rechten Rheinseite angekommen, warf es das Wasser 8 bis
ss hoch auf das Land, nahm ein 60 Ellen langes Stück Leinen
r Bleiche hoch in die Luft, so dass man es wie eine Bandschleife
flattern sah. Sieben Bäume von 6 bis 8 Zoll Durchmesser wurden
rochen, Aeste von 4 bis 6 Zoll Dicke abgerissen und umhergeschleu-
romit dann das Meteor so ziemlich sein Ende erreichte.
Venige Minuten nach dem Aufhören desselben fiel ein heftiger
egen mit starkem Hagel.
ig. 309 a. f. S. stellt eine Wasserhose dar, welche G. vom Rath am 10.
858 oberhalb Königswinter beobachtete (Poggend. Ann. CIV, 631).
'ettersäule bildete sich zuerst bei dem Dorfe Honnef als Landtrombe,
eure Staubmassen aufwühlend; aus den feineren Staubtheilchen
ı sich eine als dunkler Streif erscheinende Säule, deren Höhe Rath
00 Fuss schätzte. Als die Trombe in ihrer fortschreitenden Ge-
digkeit den Spiegel des Rheins erreichte, erhob sich das Wasser
afang eines Kreises, dessen Durchmesser 50 Schritte betragen
, und bildete eine Schaumsäule, deren Anblick an einen gothischen
ı erinnerte. Ein mittlerer Strahl sprang hoch über mehrere seit-
ervor, aus der Wolkenmasse aber senkte sich eine helle Wolken-
herab, welche sich nach einiger Zeit mit der Spitze der Wasser-
vereinigte, worauf dann der den Wasserspiegel mit den Wol-
erbindende Streif seiner ganzen Länge nach in gleicher Breite
n.
wischen Rolandseck und Mehlem erreichte die Trombe das linke
ıfer, um alsbald wieder auf den Rhein zurückzukehren. Das Phä-

nomen endete, nachdem es ungefähr 35 Minuten gedauert hatte, Rhöndorf auf dem rechten Rheinufer.

Von den Häusern, welche die Wettersäule traf, wurden die Z heruntergeworfen, starke Aeste wurden von den Bäumen gerissen

Fig. 309.



die Saaten niedergelegt. Die Breite der so bezeichneten Bahn betr Durchschnitt 50 Schritt.

Am 8. April 1833 wurde die Gegend von Calcutta von einem belwinde heimgesucht, welcher in Beziehung auf seine Grösse zwi den eigentlichen Stürmen und den Tromben in der Mitte steht. einem Durchmesser von 1200 bis 2500 Fuss ging dieser Wirbel 8 lische Meilen östlich von Calcutta vorüber und legte in einem Zeitr von 4 Stunden einen Weg von 15 englischen Meilen zurück. Er über 1200 Fischerhäuser um und tödtete 215 Menschen.

**Telegraphische Witterungsberichte.** Bereits im Eing des dritten Buches der kosmischen Physik ist erwähnt worden, w Unterschied zwischen der Sicherheit astronomischer und m

her Vorausbestimmungen besteht. Unter vielen anderen Ur- welche diese Verschiedenheit bedingen, spielt aber auch jeden- r Umstand eine Rolle, dass die zu einer bestimmten Stunde an einer einzelnen meteorologischen Station gemachten Beobach- die Data gar nicht enthalten, aus welchen man etwa auf die Ver- gen schliessen könnte, welche sich im Zustande der Atmosphäre iten.

diesem Zwecke ist für den Zeitpunkt, in welchem man die zu- erwartenden Witterungsänderungen ermitteln will, die Kennt- gleichzeitig über einem grösseren Umkreis herrschenden verhältnisse unumgänglich nöthig, eine solche Kenntniss kann durch den elektrischen Telegraphen vermittelt werden. Erste, welcher diese Idee realisirte, dürfte wohl Le Verrier sein, welcher der Pariser Akademie nach den auf telegraphi- ge eingegangenen meteorologischen Beobachtungen von ver- Stationen eine Karte vorlegte, welche den atmosphärischen Frankreichs für den 26. Februar 1855 darstellte. Aus diesem gingen dann später die telegraphischen Witterungs- hervor, welche in dem Bulletin international de l'Obser- de Paris zusammengestellt für jeden Tag eine Uebersicht des der Atmosphäre von fast ganz Europa liefern.

n 21 französischen (darunter Dünkirchen, Brest, Bordeaux, Ba- Lyon, Marseille und Ajaccio) und 42 auswärtigen Stationen (dar- englische, Nairn in Schottland, Valentia in Irland, Greenwich etc.; e: Tarifa an der Meerenge von Gibraltar, Palma, Corunna etc.; che: Rom, Neapel, Palermo etc.; 7 russische: Petersburg, Mos- a etc.; 3 schwedische: Stockholm, Haparanda am nördlichen s bottnischen Meerbusens etc.; 2 norwegische, 2 portugiesische: a und Oporto; 2 niederländische und endlich Bern und Brüssel) bis zur Belagerung von Paris jeden Tag die Morgens im Som- 7 und im Winter um 8 Uhr angestellten meteorologischen Be- ngen, nämlich: der aufs Niveau des Meeres reducirte Barometerstand, temperatur, Richtung und Stärke des Windes, der Zustand des Him- d der Zustand des Meeres für die Seestädte nach Paris telegraphirt. diese Weise eingelaufenen Nachrichten über den Luftdruck wurden (vorzugsweise im Interesse der Schifffahrt) an 15 verschiedene n (darunter 6 französische) telegraphirt, so z. B. nach Florenz m für die italienischen Küsten, nach Wien für die östliche Küste iatischen Meeres, nach Brüssel und Utrecht für die Nordsee, nach urg, Stockholm, Lissabon, Madrid und Bern. Sämmtliche in Pa- ekommenen Data werden aber in dem täglich durch die Post ver- n Bulletin international zusammengestellt, welchem seit 1867 arte von Europa mit der Lage der Isobaren (Linien glei- Barometerstandes) für jeden Tag beigegeben ist. Die Figuren is 315 sind die Copieen von 6 solchen dem Bulletin ent-

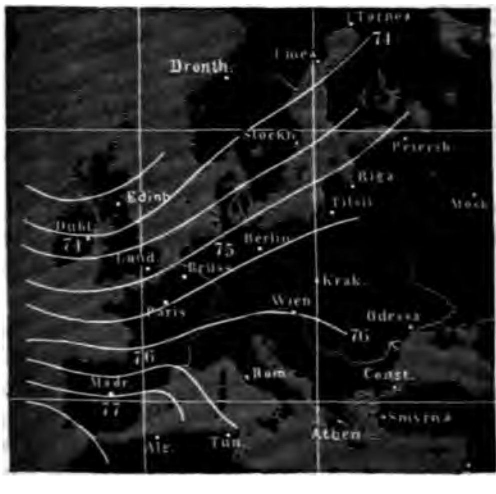
nommenen Kärtchen. Die mit 74, 75 .... 78 bezeichneten C
entsprechen einem Barometerstand von 740, 750 .... 780 Milli

Fig. 310.




10. Januar 1867.

Fig. 311.



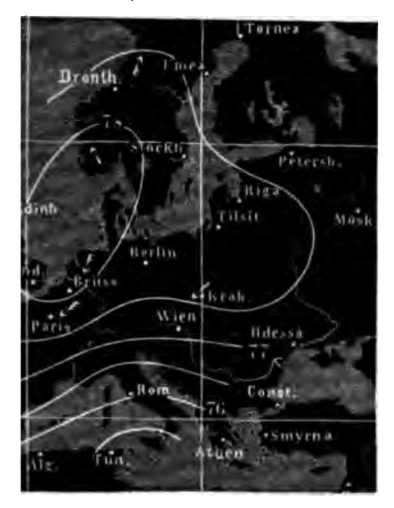

5. Februar 1867.

Die Curve zwisch
und 75 verbindet d
für welche im be
ten Momente de
meterstand 745
die Curve jen
spricht dem B
stand von 7
der Karte Fig.
am 10. Janu
8 Uhr in d
von Cambridge u
Theil der Ne
herrscht hat.

In den Kärt
Bulletin internat
für jede Station d
phisch gemeldete
terstand eingetra
die Windrichtun
einen kleinen Pfeil
net. Die Stärke
des ist durch St
angedeutet, wel
einen Seite des
tes um so zahl
gesetzt sind, j
heftiger weht.
ohne Seitenstrich
bezeichnet.
schwachen Wind
seitliche Stri
(→
stärkeren Wind
je mehr ihrer
sind. Sechs St
(→) oder
sind das Zeichen
heftigsten Sturm
seren Kärtchen
Kleinheit des Maassstabes wegen die Barometerstände der einze
tionen weggelassen und die Windpfeile des Beispiels halber nur
da aufgetragen.

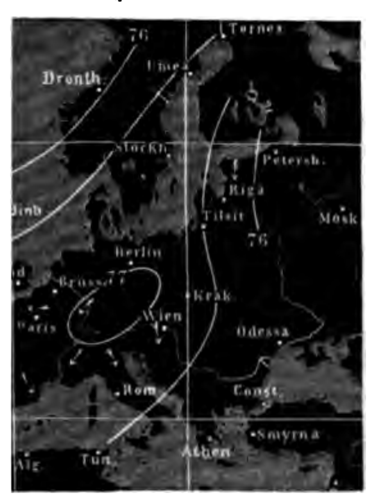
der tabellarischen Zusammenstellung der telegraphisch ein- Data und der erwähnten Karte enthält das Bulletin unter dem Titel „Situation générale“ noch eine Charakterisirung der Witterungszustände für den genannten Tag; so z. B. für den 10. Januar 1867.

Fig. 312.




2. März 1867.

Fig. 313.




12. Juni 1867.

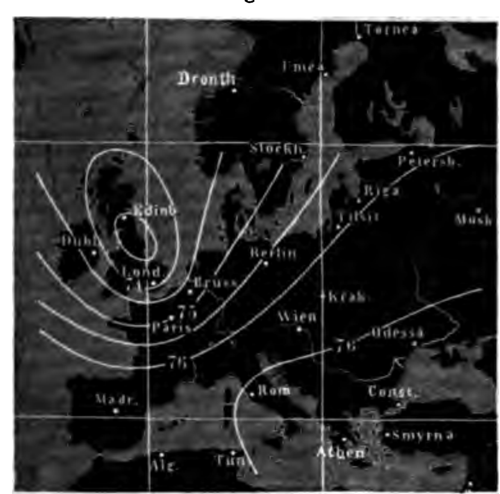
Heute giebt es in Europa zwei Depressionscentra. Das eine in Russland entspricht einem Windstoss (bourrasque), welcher aus nördlichen Regionen kommend nach Südost fortschreitet und zu Haparanda Schneefall veranlasst. — Das zweite barometrische Minimum befindet sich über der Nordsee; es ist dies das Centrum des stürmischen Wetters, welches seit dem letzten Freitag (4. Januar) an den Küsten des Canals La Manche und des atlantischen Oceans herrscht. Dieses von Südwest nach Nordost fortschreitende Centrum ist durch den Einfluss der scandinavischen Gebirge in der Nordsee aufgehalten worden; es scheint sich jetzt in südöstlicher Richtung gegen Dänemark und Polen zu wenden.

In dem Bulletin vom 2. März heisst es: Im Norden Europas ist der Druck der Atmosphäre im Zunehmen; er beträgt heute Morgen 783$^{mm}$ zu ïorwegen) und Gröningen. Zu Paris ist er 777$^{mm}$. ıem grössten Theile Europas wehen Nordostwinde und zwar siger Stärke. Die Erkaltung der Luft wird mehr und mehr

merklich. Um 8 Uhr Morgens betrug sie — 2,6° zu Paris. — 1,0 Boulogne, — 2,3° zu Besançon, — 4,3° zu Wien, + 2,0° zu Skude — 19,1° C. zu Petersburg.

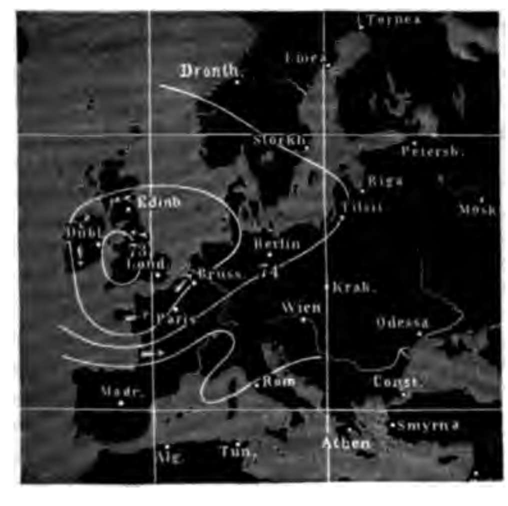
Früher enthielten die Pariser Depeschen als Anhang die sogen ten Probabilités, d. h. Vorherbestimmungen der wahrscheinlichen W rung für den näch Tag. Seit dem 27. ( ber 1865 ist die Veröf lichung dieser Probabi wahrscheinlich in F von Meinungsverschie heiten zwischen Le V rier und Marie D eingestellt worden.

Fig. 314.




3. December 1863.

Fig. 315.




15. November 1864.

Ein sehr interessa und instructives Bei bieten die Witterung hältnisse vom 15. Nov ber 1864, 8 Uhr Morg welche, so weit es Kleinheit des Maassst erlaubt, in Fig. 315 gestellt sind. Ein b metrisches Minimum 729mm befindet sich den Westküsten Engla umgeben von einer kreisförmigen Isobare 730mm. Die Isobare 735mm streift die Wes sten von Irland, schn Schottland, tangirt Ostküsten von Schles Holstein und läuft d Holland und Belgien der Mündung der Loi

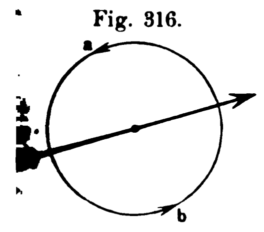
Dieses barometri Minimum bildet das C trum eines Wirbelstur welcher nach den im rigen Paragraphen be ebenen Gesetzen m denn wir finden öst und nordöstliche Wind Schottland, nordwestl

Valentia und Plymouth, westliche in L'Orient, Rochefort, Bordeaux, lboa, südwestliche und süd-südwestliche in Bourbon-Vendee, Cherurg, Paris, Havre, Mézières, Boulogne, Brüssel u. s. w.

Ein Blick auf die Karte zeigt, dass bei einem derartigen Sturme die indrichtung im Allgemeinen nicht weit vom Parallelismus mit den beehbarten isobarischen Curven abweicht.

Eine andere höchst wichtige Bemerkung, welche sich bei Betrachng der Karte Fig. 315 aufdrängt, ist die, dass die Winde auf der rdost-, Nord- und Nordwestseite des Centrums von mässiger Stärke d, während sie auf der Südwest-, Süd- und Südostseite mit grosser tigkeit wehen. Die Südhälfte des Wirbelsturmes ist also bei weitem hrlicher als die Nordhälfte. Es ist dies leicht zu erklären. In Fig. 6 stelle der kleine Kreis einen Wirbelsturm dar, welcher, wie dies ja für die europäischen Stürme der Fall ist, in einer dem Zeiger einer Uhr entgegengesetzten Richtung rotirt, und dessen Centrum in der Richtung des gefiederten Pfeiles fortschreitet, so ist klar, dass bei $a$ die Rotationsrichtung des Wirbels der Richtung entgegengesetzt ist, nach welcher er fortschreitet, dass also hier der Wind nur mit der Differenz der beiden schwindigkeiten auftreten kann, während er bei $b$ mit der Summe die beiden Geschwindigkeiten wüthet.

Fig. 316.




Leider hat das Bulletin international durch die Belagerung von Paine Unterbrechung erfahren. Möge die Reorganisation desselben bald erfolgen und möchten bei dieser Gelegenheit die Lücken des s ausgefüllt werden, welche bis dahin noch bestanden.

Ein eigenes System telegraphischer Witterungsnachrichten besteht sterreich sowohl wie auch in Russland. Bereits im Jahre 1858 n 32 Stationen Nordamerikas ihre meteorologischen Beobachtungen legraphischem Wege nach Washington, wo in dem Gebäude der onian Institution täglich eine grosse Karte ausgestellt wurde, die gleichzeitig über einem grossen Theile der Vereinigten Staarrschende Witterung darstellte.

Welche Vortheile dem Studium der Witterungskunde aus diesen tehischen Witterungsberichten erwachsen werden, ist zu einleuch, als dass man deshalb noch viele Worte zu verlieren nöthig hätte.

**Sturmwarnungen.** Die telegraphischen Witterungsberichte förn aber nicht allein die wissenschaftliche Entwickelung der Meteorolo- sie sind auch für die Schifffahrt von dem grössten unmittelbaren n. Der elektrische Telegraph kann die Nachricht von dem Aufn eines Sturmes an irgend einem Küstenpunkte verbreiten, seinen f verfolgen und rechtzeitig die Häfen warnen, welche derselbe mög Weise heimsuchen kann. Ja! aus der Gestaltung der nach tele- 223

graphischen Witterungsberichten construirten Isobaren lässt sich d
treffen von Stürmen voraussehen, ehe man dieselben an irgend ein
tion wirklich beobachtet hat.

Bei tiefem Barometerstande ist allerdings eher stürmische
rung zu erwarten, als bei hohem, doch kann man einen tiefen Baro
stand allein keineswegs als ein sicheres Vorzeichen von Stürmen b
ten; viel bedenklicher als ein tiefer Barometerstand überhaupt
rasches Sinken des Barometers; das sicherste Vorzeichen her
chender Stürme besteht aber darin, dass die Isobaren dicht ged
um ein barometrisches Minimum herum liegen, wie dies
am 3. December 1863 der Fall war (Fig. 314).

Aus dem Verlauf der Isobaren lässt sich aber nicht allein da
einbrechen eines Sturmes überhaupt, sondern auch die wahrsche
Windrichtung angeben, denn ein Beobachter, welcher sich so a
dass er die Stelle des barometrischen Minimums zur L
hat, wird ungefähr nach der Weltgegend hinschauen, nach welc
zu erwartende Wind hinweht.

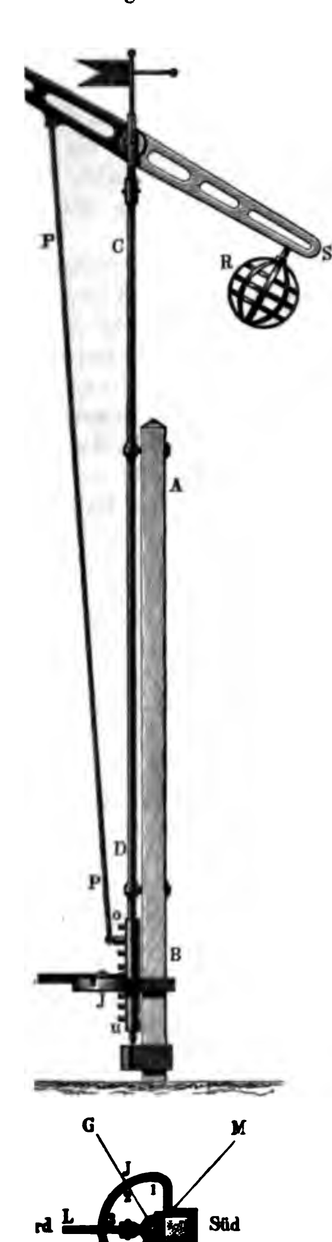
Die erste Regierungsverordnung in Betreff einer regelmässige
öffentlichung telegraphischer Witterungsberichte zum Besten der
fahrt wurde auf wiederholtes Andringen Buys-Ballot's von d
derländischen Regierung am 21. Mai 1860 erlassen. Im F
1861 geschah dasselbe für England, im August 1863 für F
reich u. s. w.

Die englischen Sturmsignale, welche an den verschiedenen
orten aufgehisst werden, wenn denselben die telegraphische M
atmosphärischer Störungen zukommt, welche das Hereinbrechen
Sturmes vermuthen lassen, besteht bei Tag aus einem Cylinder vo
dengeflecht, welcher 3 Fuss Durchmesser hat und 3 Fuss hoch i
Nachts aber aus vier Laternen, welche in solcher gegenseitigen S
angebracht sind, dass sie ein Quadrat von 4' Seite bilden. Die g
oder ähnliche Sturmsignale sind auch in anderen Ländern eing
worden.

In den Niederlanden hat Buys-Ballot Sturmsignale eing
welche er Aëroklinoskope nennt und welche den Vorzug haben, j
zeit den Zustand der Atmosphäre anzudeuten. An dem quadrat
Pfahle $AB$ Fig. 317 ist eine starke eiserne Röhre $CD$ angebracht,
mittelst des Hebels $L$ um ihre verticale Axe gedreht und in ei
stimmten Stellung festgestellt werden kann, indem man den Hebe
eine der Einkerbungen des gleichfalls an $AB$ befestigten eiserne
gens $JJ$ einsetzt. Die eiserne Röhre $CD$ trägt an ihrem oberen
einen beweglichen Arm $NS$, dessen Neigung gegen die Horizontal
telst der Stange $PP$ regulirt werden kann, indem man ihr untere
an den einen oder den anderen der zwischen $o$ und $u$ befindlichen
nen Stifte ansteckt.

Der Zweck dieser Vorrichtung ist die Differenz der Barometer

Fig. 317.




zwischen zweien der vier niederländischen Stationen Gröningen, Helder, Vliessingen und Mastrich anzudeuten, deren telegraphisch nach Utrecht gemeldete Beobachtungen von hier aus den verschiedenen niederländischen Häfen mitgetheilt werden. Nach diesen Mittheilungen wird dann die Einstellung des Aëroklinoskops besorgt. Der Hebel $L$ wird in die Einkerbung bei 1 eingesetzt, wenn die Differenz des Barometerstandes zwischen Gröningen und Helder oder zwischen Mastrich und Vliessingen bezeichnet werden soll; er wird bei 2 eingesetzt, wenn es sich um Gröningen-Vliessingen, bei 3, wenn es sich um Gröningen - Mastrich oder Helder-Vliessingen, bei 4 endlich, wenn es sich um Helder-Mastrich handelt.

Der besseren Unterscheidung wegen ist die nördliche Hälfte des Armes $NS$ roth, die südliche aber weiss angestrichen, ausserdem aber ist an dem südlichen Arme eine aus Blechstreifen gebildete Kugel $R$ befestigt.

Zwischen $o$ und $u$ sind im Ganzen 9 eiserne Stifte angebracht. Wird das untere Ende der Stange $PP$ an den mittleren Stift angesteckt, so steht der Arm $NS$ wagerecht, was anzeigt, dass der Barometerstand auf den nördlicheren Stationen dem auf den südlicheren gleich ist. Steht das Barometer auf der nördlichen Station um 1, 2, 3, 4 Millimeter tiefer als auf der südlicheren, so wird das untere Ende der Stange $PP$ an dem 1., 2., 3., 4. Stift unter dem mittleren angesteckt, umgekehrt wird das untere Ende von $PP$ an einen der 4 oberen Stifte ange-

steckt, wenn das Barometer auf der südlichen Station tiefer steht als auf der nördlichen. Die in Fig. 317 (a. v. S.) abgebildete Stellung des Apparats würde also anzeigen, dass das Barometer zu Gröningen um $3^{mm}$ höher steht als in Mastrich, oder in Helder um $3^{mm}$ höher als zu Vliessingen.

Man hat zunächst keinen Sturm zu befürchten, wenn das Nordende des Armes *NS* höher steht als das Südende oder wenn die Lage dieses Armes überhaupt nicht viel von der Horizontalen abweicht; dagegen ist das Wetter um so bedenklicher, je höher das Südende des Armes *NS* in die Höhe steht.

Da der Herd der Stürme, welche über Europa hereinbrechen, zum grössten Theil auf dem atlantischen Ocean zu suchen ist, so wäre es von der grössten Wichtigkeit, in telegraphischem Verkehr mit einer weit von den europäischen Küsten nach Westen gelegenen meteorologischen Station zu stehen, und als solche hat Buys-Ballot die azorischen Inseln vorgeschlagen. Es wäre von internationalem Interesse, nicht nur von dort Warnungen zu erhalten, sondern auch solche dorthin zu dirigiren, welche vorbeisegelnden Schiffen bekannt gemacht werden könnten. Die Azoren könnten dann weiter durch ein submarines Kabel mit Nordamerika (Newfoundland) verbunden werden.

Drittes Capitel.

# Die Hydrometeore.

---

**Verbreitung des Wasserdampfes in der Luft.** Wenn man 224 einem heissen Sommertage eine mit Wasser gefüllte Schale ins Freie llt, so sieht man die Quantität des Wassers rasch abnehmen; es verinstet, das heisst: es geht in Dampfgestalt über und verbreitet sich in r Luft. Der Wasserdampf ist wie jedes andere farblose durchsichtige s für unsere Blicke nicht wahrnehmbar, das Wasser scheint, indem es rdunstet, gänzlich verschwunden zu sein.

Das in der Luft verbreitete Wasser wird erst wieder sichtbar, wenn in seinen flüssigen Zustand zurückkehrend, Nebel oder Wolken, Thau r Reif bildet. Wenn man sich von der Existenz des Wasserdampfs der Luft überzeugen will, muss man ihn auf irgend eine Weise verten.

Ganz unmittelbar erhält man die Menge des in einem bestimmten men Luft enthaltenen Wasserdampfs, wenn man die Luft durch ein hygroskopischen Substanzen gefülltes Rohr saugt. Um ein regeliges Durchstreichen der Luft durch das Absorptionsrohr zu bewir-, wendet man einen Aspirator an. Es ist dies im Wesentlichen bis auf zwei Oeffnungen verschlossenes mit Wasser gefülltes Gefäss, man bei *D* Fig. 322 S. 638 eines sieht. Aus der einen Oeffnung st beständig Wasser ab, während die andere Oeffnung mit dem Abptionsrohre in Verbindung steht, so dass hier ein dem ausfliessenden sser gleiches Volum getrockneter Luft eintritt. Wie viel Wasserpf in der durch das Absorptionsrohr gesaugten Luftmenge enthalten r, ergiebt sich, wenn man dies Rohr vor und nach dem Versuche wägt.

Die Bestimmungsweise des Wassergehaltes der Luft mit dem Aspitor, dem man verschiedene, bald mehr, bald weniger zweckmässige rmen gegeben hat, ist allerdings etwas umständlich und giebt auch cht den Wassergehalt der Luft in einem bestimmten Momente, sondern

den mittleren Wassergehalt während der ganzen Dauer des Ve
man hat deshalb kleinere, leichter transportable Apparate co
welche unter dem Namen der Hygrometer bekannt sind.

Es ist bekannt, dass viele organische Körper die Eigenschaf
Wasserdampf zu absorbiren und sich dabei verhältnissmässig zu
gern. Unter anderen sind auch Haare, Fischbein u. s. w. solch
skopische Körper, und man benutzte sie deshalb zur Construc
Hygrometern. Das beste Instrument der Art ist das von Saus
gegebene Haarhygrometer, welches Fig. 319 abgebildet ist.

Das Haar *c* ist mit seinem oberen Ende im Zängelchen *a*

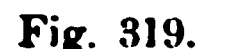
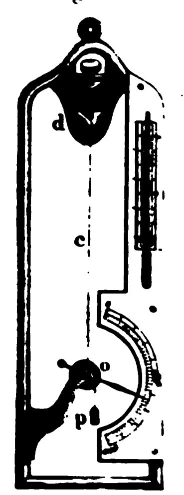


Fig. 319.




das andere Ende desselben aber ist um eine
Rinnen versehene Rolle geschlungen, währen
zweiten Rinne um die Rolle ein Seidenfaden
gen ist, der ein kleines Gewicht *p* trägt, durcl
das Haar beständig gespannt erhalten wird.
Axe der Rolle ist ein Zeiger befestigt, welcher
Gradbogen hin und her geht, wenn die Rolle
Verlängerung oder Verkürzung des Haares ged

Die Schraube am oberen Theile des Appara
um die Spannung des Haares zu reguliren.

Wenn sich das Instrument in feuchter Luft
so absorbirt das Haar viel Wasserdampf und
durch länger, in trockner Luft aber verkürz
wodurch natürlich der Zeiger bald nach der ei
nach der anderen Seite gedreht wird.

Die Graduirung des Instruments wird auf
Weise bewerkstelligt. Zuerst bringt man da
ment unter eine Glocke, deren innerer Rau
Chlorcalcium oder durch Schwefelsäure ausgetrocknet wird. I
der Scala, auf welcher sich der Zeiger unter diesen Verhältnissen
ist der Punkt der grössten Trockenheit; er wird mit 0 beze

Nun bringt man das Instrument unter eine Glocke, dere
mit destillirtem Wasser befeuchtet sind, während auch auf de
auf welchem die Glocke steht, destillirtes Wasser ausgebreitet i
Raum unter der Glocke sättigt sich bald mit Wasserdampf, und
ger geht nach dem anderen Ende der Scala hin. Der Punkt, w
jetzt feststellt, ist der Punkt der grössten Feuchtigkeit; er
100 bezeichnet.

Der Zwischenraum zwischen diesen beiden Punkten wird
gleiche Theile getheilt, welche man Feuchtigkeitsgrade nennt

Das auf diese Weise graduirte Hygrometer giebt zwar die
Trockenheit oder Feuchtigkeit der Luft an, es zeigt, ob sich die L
Sättigungspunkte mehr oder weniger nähert, man kann aber aus de
metergraden keinen directen Schluss auf die Menge des Wasser
in der Atmosphäre machen. Wie gross die jedem Hygrometergr

ende Spannkraft des Wasserdampfes in der Luft ist, kann nur auf schem Wege ermittelt werden.

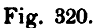
ay-Lussac verfuhr folgendermaassen: Er bestimmte zunächst ximum der Spannkraft des Wasserdampfes, welcher sich bei einer ratur von 10° über verschiedene Salzlösungen bilden kann. Als brachte er sein Instrument bei derselben Temperatur der Reihe it diesen Flüssigkeiten unter die Glocke und notirte jedesmal die bei welchen sich das Instrument einstellte. Die folgende Tabelle die Resultate dieser Versuche.

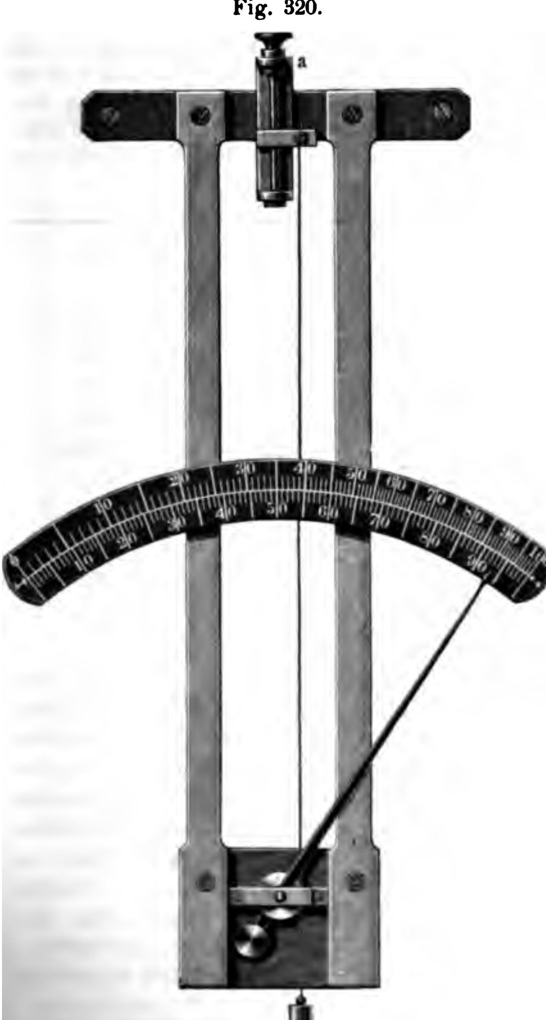
| n der Flüssigkeit. | Specifisches Gewicht bei 10° C. | Spannkraft des Dampfes, wenn man die Spannkraft des Wasserdampfes bei 10° mit 100 bezeichnet. | Grade des Haarhygrometers, bei welchen sich der Zeiger für die verschiedenen Flüssigkeiten einstellte. |
|---|---|---|---|
| . . . . . . . . . . . | 1,000 | 100,0 | 100,0 |
| von salzsaurem Na-a . . . . . . . . . | 1,096 | 90,6 | 97,7 |
| . . . . . . . . . . . | 1,163 | 82,3 | 92,2 |
| . . . . . . . . . . . | 1,205 | 75,9 | 87,4 |
| von salzsaurem Kalk | 1,275 | 66,0 | 82,0 |
| . . . . . . . . . . . | 1,343 | 50,5 | 71,0 |
| . . . . . . . . . . . | 1,397 | 37,6 | 61,3 |
| lsäure . . . . . . | 1,493 | 18,1 | 33,1 |
| . . . . . . . . . . . | 1,541 | 12,2 | 25,3 |
| . . . . . . . . . . . | 1,702 | 2,4 | 6,1 |
| . . . . . . . . . . . | 1,848 | 0 | 0 |

r fand also z. B., dass bei 10° die Wasserdämpfe über einer Auf-von Chlorcalcium, deren specifisches Gewicht 1,275 ist, 66 Proc. r Spannkraft der Wasserdämpfe besitzen, welche bei derselben ratur über reinem Wasser sich bilden; wenn aber das Hygrometer ne Glocke gebracht wird, deren Wände mit dieser Lösung befeuchtet stellt es sich auf 82 Grad; man kann daraus den Schluss ziehen, er Theilstrich 82 des Hygrometers einen Feuchtigkeitsgehalt der nzeigt, welcher 66 Procent des zur Sättigung nöthigen beträgt. liesen Beobachtungen hat Gay-Lussac durch Interpolation eine berechnet, welche den jedem einzelnen Hygrometergrade entspre-n Feuchtigkeitsgehalt der Luft angiebt. Wir geben umstehend 'abelle nur von 10 zu 10 Grad.

| Hygrometergrade. | Entsprechende Feuchtigkeit der Luft. | Hygrometergrade. | Entsprec Feuchtigk Luft |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 60 | 36,2 |
| 10 | 4,57 | 70 | 47,1 |
| 20 | 9,45 | 80 | 61,2 |
| 30 | 14,78 | 90 | 79,0 |
| 40 | 20,78 | 100 | 100,0 |
| 50 | 27,79 | | |

Wenn also das Hygrometer auf 60⁰ steht, so enthält die Lu
Procent des
Wasserdampfe
chen sie e
müsste, um g
zu sein.


Fig. 320.




Diese Tabell
doch nur für T
turen ganz
welche nicht
10⁰ verschiede

Regnaul
gleichfalls
chungen übe
Haarhygromet
stellt. Er fand e
mässiger, die
mit Aether zu e
statt sie in ein
lösung zu koc
es Saussure
ben hatte.

Er fand, d
grometer, mit
Art von Haar
struirt, welc
gleiche Weise
tet wurden, zw
streng über
mend gehen,
aber für die
Beobachtungen
gleichbar bei
werden können
dagegen Hyg
mit Haaren v



ıer Natur und verschiedener Zubereitung sehr grosse Unterschiede ı Angaben zeigen können, selbst wenn sie an den Endpunkten ınder stimmen.

raus geht klar hervor, dass man nicht eine für alle Haarhygroültige Tabelle berechnen könne, sondern dass man eigentlich für strument der Art Versuche in obiger Weise anstellen und aus ine Tabelle berechnen müsse.

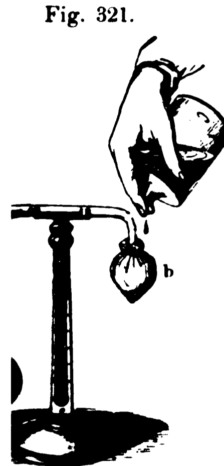
;. 320 stellt ein Haarhygrometer dar, wie dasselbe jetzt von ann und Pfister in Bern in ausgezeichneter Weise verfertigt Das Haar ist mit möglichster Sorgfalt von Fett befreit.

s Instrument ist mit 2 Scalen versehen, deren obere die relaıuchtigkeit direct in Procenten angiebt, während bei der unte- Zwischenraum zwischen dem Punkt der absoluten Trockenheit n der grössten Feuchtigkeit in 100 gleiche Theile getheilt ist.

s registrirende Hygrometer der Berner Sternwarte ist ein ann-Pfister'sches Haarhygrometer, dessen Scala allmomit Hülfe des Psychrometers controlirt wird. Die Markirung rometerstandes geschieht von 10 zu 10 Minuten auf galvanischem anz auf dieselbe Weise, wie die Markirung des Thermometer-, welche auf S. 437 besprochen wurde.

225 ıniel's **Hygrometer** ist Fig. 321 dargestellt; es besteht aus krümmten Röhre, welche mit zwei Kugeln endigt; die eine, *a*, ist entweder vergoldet oder mit einer ganz dünnen glänzenden Platinschicht überzogen, die andere ist mit einem Läppchen feiner Leinwand umwickelt. Die Kugel *a* ist zur Hälfte mit Aether gefüllt und enthält ein kleines Thermometer, dessen Theilung in die Röhre *t* hineinragt. Der Apparat ist vollkommen luftleer. Wenn man nun Aether auf die Kugel *b* tröpfelt, so wird sie durch die Verdampfung desselben erkaltet, in ihrem Inneren werden Aetherdämpfe condensirt und dadurch eine Verdampfung des Aethers in der Kugel *a* bewirkt, indem gewissermaassen der Aether aus der wärmeren Kugel *a* in die kältere *b* überdestillirt. Bei der Dampfbildung in der Kugel *a* wird aber ebenfalls Wärme ge-

Fig. 321.




und sie beschlägt sich endlich mit einem zarten Thau.

ı Entstehung dieses Thaues lässt sich leicht erklären. Die Phyt, dass im leeren Raume die Spannkraft des Wasserdampfes für timmte Temperatur eine gewisse Gränze nicht übersteigen kann,

dass aber das Maximum der Spannkraft mit der Temperatur steig eine Temperatur von 20° z. B. ist das Maximum der Spannkr Wasserdampfes 17,4 Millimeter (Lehrb. d. Physik. 7. Aufl. Bd. II. : und die entsprechende Dichtigkeit des Wasserdampfes 0,000017: einem luftleeren Raume von 1 Cubikmeter können also bei einer ratur von 20° höchstens 17,31 Gramm Wasser in Form von Dam halten sein.

Wir wissen aber ferner, dass in einem lufterfüllten Raume ebensoviel Wasserdampf enthalten sein kann als in einem gleich luftleeren Raume, und dass sich in diesem Falle die Spannkraft d und die Spannkraft des in ihr verbreiteten Wasserdampfes su Bei einer Temperatur von 20° können also in einem Cubikmet ebenfalls 17,31 Gramm Wasser als Dampf enthalten sein.

**Man sagt**, die Luft sei mit Wasserdampf g e s ä t t i g t, wenn ihr verbreitete Wasserdampf das ihrer Temperatur entsprechen ximum der Spannkraft und Dichtigkeit erreicht hat.

Bringt man in eine mit Feuchtigkeit gesättigte Luft einen l Körper, so wird dieser die nächsten Luftschichten erkalten, ein T in ihnen enthaltenen Wasserdampfes wird sich verdichten müs setzt sich in Form von feinen Tröpfchen an den kalten Körper a diese Weise bildet sich der Beschlag an den Fensterschei einem bewohnten erwärmten Zimmer, wenn die Temperatur de ren Luft niedrig genug ist, um die Fensterscheiben hinlänglich kalten.

Nicht immer ist die Luft mit Feuchtigkeit gesättigt, d. h nicht immer in derselben gerade soviel Wasserdampf enthalten, bei ihrer Temperatur aufnehmen könnte. Nehmen wir z. B. an Cubikmeter Luft enthielte bei einer Temperatur von 20° C. nu Gramm Wasserdampf, so ist sie nicht gesättigt; denn bei dieser ratur könnte ja jedes Cubikmeter Luft 17,31 Gramm Wasserda halten. Aus der angeführten Tabelle (Lehrb. d. Physik. Bd. II. ersieht man aber, dass die Dichtigkeit des gesättigten Wasserd bei 16° gleich 0,00001363 ist: für eine Temperatur von 16° wi die Luft gesättigt. Man müsste also die Luft bis unter 16° e wenn eine Verdichtung von Wasserdampf stattfinden sollte.

Die Temperatur, für welche eben die Verdichtung des Was pfes beginnt, die Temperatur also, für welche die Luft gerade mi serdampf gesättigt ist, heisst der T h a u p u n k t.

Der Thaupunkt ist es nun, welchen man am D a n i e l'schen l meter beobachtet; sobald nämlich die Kugel *a* bis zur Temperat Thaupunktes erkaltet ist, fängt diese Kugel an sich zu beschlage Temperatur des Thaupunktes liest man unmittelbar an dem in die a hineinragenden Thermometer ab.

**ie folgende Tabelle giebt den Wassergehalt der mit Dampf gesät- Luft für den Thaupunkt von — 20⁰ bis + 40⁰ Celsius an.**

| ra- es - es. | Entsprechende Spannkraft des Wasser- dampfes. | Gewicht des Wasser- dampfes in 1 Cubikmeter Luft. | Tempera- tur des Thau- punktes. | Entsprechende Spannkraft des Wasser- dampfes. | Gewicht des Wasser- dampfes in 1 Cubikmeter Luft. |
|---|---|---|---|---|---|
| | mm | gr | | mm | gr |
| 0 | 1,3 | 1,5 | 19⁰ | 16,3 | 16,2 |
| | 1,9 | 2,1 | 20 | 17,4 | 17,3 |
| | 2,6 | 2,9 | 21 | 18,3 | 18,1 |
| | 3,7 | 4,0 | 22 | 19,4 | 19,1 |
| | 5,0 | 5,4 | 23 | 20,6 | 20,2 |
| | 5,4 | 5,7 | 24 | 21,8 | 21,3 |
| | 5,7 | 6,1 | 25 | 23,1 | 22,5 |
| | 6,1 | 6,5 | 26 | 24,4 | 23,8 |
| | 6,5 | 6,9 | 27 | 25,9 | 25,1 |
| | 6,9 | 7,3 | 28 | 27,4 | 26,4 |
| | 7,4 | 7,7 | 29 | 29,0 | 27,9 |
| | 7,9 | 8,2 | 30 | 30,6 | 29,4 |
| | 8,4 | 8,7 | 31 | 32,4 | 31,0 |
| | 8,9 | 9,2 | 32 | 34,3 | 32,6 |
| | 9,5 | 9,7 | 33 | 36,2 | 34,3 |
| | 10,1 | 10,3 | 34 | 38,3 | 36,2 |
| | 10,7 | 10,9 | 35 | 40,4 | 38,1 |
| | 11,4 | 11,6 | 36 | 42,7 | 40,2 |
| | 12,1 | 12,2 | 37 | 45,0 | 42,2 |
| | 12,8 | 13,0 | 38 | 47,6 | 44,4 |
| | 13,6 | 13,7 | 39 | 50,1 | 46,7 |
| | 14,5 | 14,5 | 40 | 53,0 | 49,2 |
| | 15,4 | 15,3 | | | |

enn uns das Hygrometer für den Thaupunkt 12⁰ C. angiebt, so wir aus dieser Tabelle, dass jedes Cubikmeter Luft 10,9 Gramm dampf enthält; wäre der Thaupunkt 17⁰ C., so enthielte jedes Cu- er 14,5 Gramm Wasserdampf u. s. w.

ır Bequemlichkeit für die Berechner der auf meteorologischen Sta- gemachten Beobachtungen hat man solche Tabellen berechnet, die Spannkraft des gesättigten Wasserdampfes für alle Tempera-

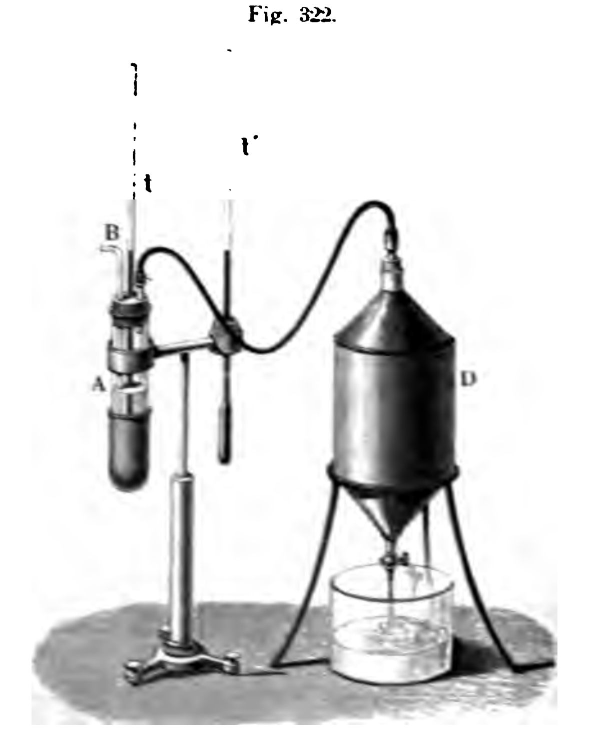
turen von — 24 bis + 35° C. jeweils um 0,1 Grad fortschreiten geben.

Gegen die Genauigkeit der Angaben des Daniel'schen Hygrom lassen sich mit Recht folgende Einwendungen machen: Der Aeth der Kugel *a* ist an der Oberfläche kälter als an den tieferen Stellen Handhabung des Apparats erfordert eine längere Anwesenheit des achters in der Nähe desselben, wodurch sowohl die Temperatur als der Feuchtigkeitsgehalt der Luft modificirt wird; die Menge des Ae welcher auf der Kugel *b* verdampft, äussert ebenfalls einen Einflu den hygrometrischen Zustand der Luft, welcher noch dadurch vers mert wird, dass der käufliche Aether nie ganz wasserfrei ist.

Schon lange hat Döbereiner auf die Schwierigkeit aufmerksa macht, mit dem Daniel'schen Hygrometer genaue Resultate zu erh er construirte ein anderes, auf demselben Principe beruhendes I ment, welches jedoch nicht so beachtet worden zu sein scheint, verdient.

Später hat Regnault ein Instrument angegeben, welches als ein vollkommnung des eben erwähnten Döbereiner'schen angesehen w kann. Am unteren Ende der Glasröhre *A*, Fig. 322, ist ein fingerhut Gefäss von dünnem polirtem Silberblech befestigt, welches un

Fig. 322.



Durchmesser hat und $45^{mm}$ hoch ist. Oben ist die Glasröhre *A* inem Kork verschlossen, welcher drei Löcher hat. Durch das eine lben geht die Röhre *B* hindurch, welche fast bis auf den Boden des rgefässes reicht; durch die zweite Oeffnung geht die Röhre eines mometers, dessen Gefäss sich ungefähr in der Mitte des Silberge- befindet. Ein kurzes Glasröhrchen, welches nur eben bis unter den reicht, steckt in der dritten Oeffnung. Von diesem Röhrchen führt ummischlauch zu dem mit Wasser gefüllten Aspirator *D*.

Das silberne Gefäss und die Glasröhre sind ungefähr so weit mit r gefüllt, wie die Figur zeigt. Wird nun der Hahn des Aspirators net, so fliesst hier das Wasser aus, in gleichem Maasse aber muss durch das Rohr *B* einströmen, welche durch den Aether in *A* in von Bläschen aufsteigt, und dadurch eine rasche Verdunstung des- n bewirkt, in Folge deren das Silbergefäss von aussen beschlägt.

Die Temperatur des Thaupunktes wird am Thermometer *t*, die der benden Luft am Thermometer *t'* abgelesen.

Der Beobachter steht am Aspirator *D* und beobachtet das Silber- s und die Thermometer durch ein Fernrohr.

Wenn das Silbergefäss die Temperatur des Thaupunktes erreicht so reicht die geringste Verzögerung des Wasserausflusses hin, um den Beschlag verschwinden zu machen, während eine Beschleunigung des Ausflusses ihn vermehrt.

Fig. 323.



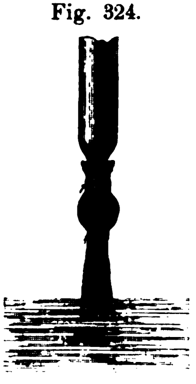
Das Döbereiner'sche Instrument unterscheidet sich von dem Regnault'schen im Wesentlichen nur dadurch, dass bei ersterem die Luft mittelst einer Druckpumpe durch den Aether des Silbergefässes hindurch getrieben wird.

**August's Psychrometer** ist Fig. 323 dargestellt; es besteht aus zwei an einem und demselben Gestelle befestigten Thermometern; die Kugel des einen (in unserer Figur die des Thermometers links) ist vollkommen frei, so dass dieses Thermometer die Temperatur der Luft angiebt. Die Kugel des zweiten Thermometers ist mit einem Leinwandläppchen umwickelt, welches mit Wasser befeuchtet sein muss. Die Befeuchtung geschieht entweder, wie dies z. B. auf den badischen meteorologischen Stationen der Fall ist, dadurch, dass man $^1/_4$ Stunde vor der Beobachtung ein Gefäss voll Wasser von unten her über die Kugel schiebt und dann nach Entfernung des Gefässes den noch an der Kugel hängenden Tropfen wegnimmt, oder es hängt das die Kugel umgebende Läppchen bis in ein unter- **226**

gestelltes Glasgefäss hinab, wie dies Fig. 324 erläutert, so dass
wand, welche die Kugel umgiebt, durch Haarröhrchenwirkung



Fig. 325.


Fig. 324.

feucht erhalt
Fig. 325 zeig
dere Form de
meters, welc
ohne weitere
rung verständ

Das Wasse
Kugelhülle v
verdunsten,
um so rasche
ter die Luft v
Sättigungspun
fernt ist. Di
stung des Wassers ist aber von eine
bindung begleitet, in Folge dere
wickelte Thermometer tiefer steh
trockene. Wenn die Luft vollkor
Feuchtigkeit gesättigt ist, wie die
kem Nebel der Fall ist, so wird 
ser verdampfen können, die beide
meter stehen alsdann gleich hoch
die Luft nicht mit Wasserdampf
so wird das umwickelte Thermo
ken, und zwar um so tiefer, je weiter die Luft von ihrem S
punkte entfernt ist. Aus der Temperaturdifferenz der beiden
meter kann man auf den Feuchtigkeitszustand der Luft schliess

Behufs der Psychrometerbeobachtungen ist auf den schwei
badischen und russischen Stationen in demselben Gehäuse, w
zur Beobachtung der Lufttemperatur dienende Thermomete
noch ein zweites mit umwickelter Kugel angebracht, wie man
in Fig. 251, Seite 429, sieht.

Wenn ein hinreichend starker Luftzug stattfindet, so wir
an der nassen Thermometerkugel vorbeistreichende Luft mit Wa
sättigen, sie wird aber einen Theil ihrer Wärme zur Dampfbi
geben; das nasse Thermometer zeigt die Temperatur an, bi
cher die Luft an dieser Kugel erkaltet und für welche sie sich
serdampf sättigt. Nehmen wir an, das nasse Thermometer zeig
so sehen wir daraus, dass die Luft, welche an der umwickel
vorbeistreicht, auf 16° erkaltet wird, und dass sie dieselbe für
peratur gesättigt verlässt. Wäre die ganze Luftmasse für die
tur von 16° mit Wasserdampf gesättigt, so würde jedes Cubik
13,7 Gramm Wasserdampf enthalten; so viel Wasserdampf e
aber in der That nicht, denn sie nimmt ja an der nassen Kug

°erkaltend, noch Wasserdampf auf; der Feuchtigkeitszustand der Atmo-
häre ist also von der Art, dass jedes Cubikmeter Luft weniger als 13,7
ramm Wasserdampf enthält.

Die Menge des Wasserdampfes, welche die Luft aufnimmt, indem
an der nassen Kugel vorbeistreicht, ist der ihr entzogenen Wärme-
nge, also auch der Temperaturdifferenz $d$ des trockenen und des feuch-
n Thermometers proportional. Wir können also die Quantität des
asserdampfes, welchen ein Cubikmeter der nach und nach an der nas-
Kugel vorbeistreichenden Luft aufnimmt, mit $cd$ bezeichnen.

Bezeichnen wir ferner mit $M$ das Maximum des Wasserdampfes,
chen ein Cubikmeter Luft bei der Temperatur des nassen Thermo-
ers enthalten kann, die Quantität des Wasserdampfes also, welchen
Luft wirklich enthält, welche am nassen Thermometer vorbeigestri-
ist, so besteht diese Quantität $M$ aus zwei Theilen, der Quantität
ämlich, welche sie an der Kugel aufgenommen hat, und der Quanti-
, welche sie schon enthielt; es ist also:

$$M = m + cd$$

$$m = M - cd \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1)$$

In dieser Formel bezeichnet, wie erwähnt, $m$ den Wassergehalt der
, $d$ die Temperaturdifferenz der beiden Thermometer, $M$ den Was-
lt der Luft, wenn sie für die Temperatur des nassen Thermometers
tigt wäre, und $c$ einen constanten Factor, welcher durch Versuche
telt werden muss.

Durch vergleichende Versuche mit dem Psychrometer und dem Da-
schen Hygrometer ergab sich:

$$c = 0,65.$$

Ist im Winter das Wasser an der überzogenen Thermometerkugel
ren, so ist dieser Zustand zu belassen. Bei der Berechnung von
aber alsdann in Gleichung 1) für $c$ statt des Factors 0,65 der
0,56 zu setzen.

Um nicht für jede Beobachtung erst den Wassergehalt der Luft
nen zu müssen, hat man Tabellen berechnet, in welchen man,
der folgenden, für jede Lufttemperatur und jede beobachtete Diffe-
der beiden Thermometer den Wassergehalt der Luft gleich auf-
n kann.

| Temperatur der Luft in Graden nach Celsius. | Differenz des trocknen und befeuchteten Thermome[illegible] | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 1[illegible] |
| — 20 | 1.5 | 0,8 | 0.1 | | | | | | | | | |
| — 19 | 1.6 | 0.9 | 0.2 | | | | | | | | | |
| — 18 | 1,8 | 1,0 | 0.3 | | | | | | | | | |
| — 17 | 1,9 | 1.1 | 0.4 | | | | | | | | | |
| — 16 | 2,0 | 1.2 | 0.5 | | | | | | | | | |
| — 15 | 2.1 | 1.4 | 0.6 | | | | | | | | | |
| — 14 | 2,3 | 1,5 | 0,8 | | | | | | | | | |
| — 13 | 2.4 | 1.6 | 0.9 | 0.1 | | | | | | | | |
| — 12 | 2.6 | 1.8 | 1.0 | 0.3 | | | | | | | | |
| — 11 | 2.7 | 2.0 | 1.2 | 0.4 | | | | | | | | |
| — 10 | 2.9 | 2.1 | 1.3 | 0,6 | | | | | | | | |
| — 9 | 3.1 | 2.3 | 1.5 | 0,7 | | | | | | | | |
| — 8 | 3.3 | 2.5 | 1.7 | 0.9 | 0.1 | | | | | | | |
| — 7 | 3.5 | 2.7 | 1.9 | 1,1 | 0.3 | | | | | | | |
| — 6 | 3,7 | 2.9 | 2.1 | 1.3 | 0.5 | | | | | | | |
| — 5 | 4.0 | 3.1 | 2.3 | 1.5 | 0.7 | | | | | | | |
| — 4 | 4.2 | 3.4 | 2.5 | 1.7 | 0.9 | 0.1 | | | | | | |
| — 3 | 4.5 | 3.6 | 2.8 | 1.9 | 1.1 | 0,3 | | | | | | |
| — 2 | 4.8 | 3.9 | 3.0 | 2.2 | 1.4 | 0.5 | | | | | | |
| — 1 | 5.1 | 4.2 | 3.3 | 2.4 | 1.6 | 0,8 | | | | | | |
| 0 | 5,4 | 4,5 | 3.6 | 2,7 | 1.9 | 1.0 | 0.2 | | | | | |
| + 1 | 5,7 | 4,7 | 3,8 | 2,9 | 2.1 | 1,2 | 0,4 | | | | | |
| + 2 | 6.1 | 5.1 | 4.1 | 3.2 | 2.3 | 1.4 | 0.5 | | | | | |
| + 3 | 6.5 | 5,4 | 4.4 | 3.4 | 2.5 | 1.6 | 0.7 | | | | | |
| + 4 | 6.9 | 5.8 | 4.8 | 3.7 | 2.7 | 1.8 | 1.0 | | | | | |
| + 5 | 7.3 | 6.2 | 5.1 | 4.1 | 3.1 | 2.1 | 1.2 | 0.3 | | | | |
| + 6 | 7,7 | 6.6 | 5.5 | 4.5 | 3.4 | 2.4 | 1.4 | 0.5 | | | | |
| + 7 | 8.2 | 7.0 | 5.9 | 4.9 | 3.8 | 2.8 | 1.8 | 0.8 | | | | |
| + 8 | 8,7 | 7.5 | 6.4 | 5.3 | 4.2 | 3,2 | 2,1 | 1.1 | 0.2 | | | |
| + 9 | 9,2 | 8.0 | 6.9 | 5.7 | 4.6 | 3,6 | 2,5 | 1.5 | 0.5 | | | |
| + 10 | 9,7 | 8,5 | 7.3 | 6.2 | 5.1 | 4.0 | 2,9 | 1.9 | 0.9 | | | |
| + 11 | 10.3 | 9.1 | 7.9 | 6.7 | 5.6 | 4.4 | 3,3 | 2.3 | 1.2 | 0.2 | | |
| + 12 | 10.9 | 9.7 | 8.4 | 7,2 | 6.0 | 4,9 | 3,8 | 2.7 | 1.7 | 0.6 | | |
| + 13 | 11.6 | 10.3 | 9.0 | 7,8 | 6.6 | 5.4 | 4.3 | 3.1 | 2.1 | 1.0 | | |
| + 14 | 12.2 | 10.9 | 9.6 | 8.3 | 7.1 | 5.9 | 4.8 | 3.6 | 2.5 | 1.4 | 0.4 | |
| + 15 | 13.0 | 11.6 | 10.3 | 9.0 | 7.7 | 6.5 | 5,3 | 4,1 | 3.0 | 1.9 | 0.8 | |
| + 16 | 13.7 | 12.3 | 10.9 | 9.6 | 8.3 | 7,0 | 5.8 | 4.6 | 3,5 | 2.4 | 1.3 | [illegible] |
| + 17 | 14.5 | 13.1 | 11.6 | 10.3 | 9.0 | 7.7 | 6.4 | 5.2 | 4.0 | 2.9 | 1.7 | [illegible] |
| + 18 | 15.3 | 13.8 | 12.4 | 11.0 | 9.6 | 8.3 | 7.0 | 5.8 | 4.6 | 3.4 | 2.2 | [illegible] |
| + 19 | 16.2 | 14.7 | 13.2 | 11.7 | 10.3 | 9.0 | 7,7 | 6,4 | 5.1 | 3.9 | 2.8 | [illegible] |
| + 20 | 17.1 | 15.5 | 14.0 | 12.5 | 11.1 | 9.7 | 8,3 | 7,0 | 5,8 | 4.5 | 3.3 | [illegible] |
| + 21 | 18.1 | 16.5 | 14.9 | 13.4 | 11.9 | 10.5 | 9,1 | 7,7 | 6.4 | 5.1 | 3.9 | [illegible] |
| + 22 | 19.1 | 17.4 | 15.8 | 14.2 | 12.7 | 11.2 | 9.8 | 8.4 | 7.1 | 5.8 | 4.5 | [illegible] |
| + 23 | 20.2 | 18.5 | 16.8 | 15.2 | 13.6 | 12.1 | 10.6 | 9.2 | 7.8 | 6.4 | 5.2 | [illegible] |
| + 24 | 21.3 | 19.5 | 17.8 | 16.1 | 14.5 | 12.9 | 11.4 | 10.0 | 8.5 | 7.2 | 5.8 | [illegible] |
| + 25 | 22.5 | 20.6 | 18.9 | 17.1 | 15.5 | 13.8 | 12.3 | 10.8 | 9.3 | 7.9 | 6.5 | [illegible] |
| + 26 | 23.8 | 21.8 | 20.0 | 18.2 | 16.5 | 14.8 | 13.2 | 11.6 | 10.1 | 8.7 | 7.3 | [illegible] |
| + 27 | 25.1 | 23.1 | 21.2 | 19.3 | 17.5 | 15.8 | 14.2 | 12.6 | 11.0 | 9.5 | 8.1 | [illegible] |
| + 28 | 26.4 | 24.4 | 22.4 | 20.5 | 18.7 | 16.9 | 15.2 | 13.5 | 11.9 | 10.4 | 8.9 | [illegible] |
| + 29 | 27.9 | 25.8 | 23.7 | 21.7 | 19.8 | 18.0 | 16.3 | 14.6 | 12.9 | 11.3 | 9.8 | [illegible] |
| + 30 | 29.4 | 27.2 | 25.1 | 23.0 | 21.1 | 19.2 | 17.4 | 15.6 | 13.9 | 12.3 | 10.7 | [illegible] |
| + 31 | 31.0 | 28.7 | 26.5 | 24.4 | 22.4 | 20.4 | 18.5 | 16.7 | 15.0 | 13.3 | 11.6 | [illegible] |
| + 32 | 32.6 | 30.3 | 28.0 | 25.8 | 23.8 | 21.7 | 19.8 | 17.9 | 16.1 | 14.3 | 12.7 | [illegible] |
| + 33 | 34.4 | 31.9 | 29.6 | 27.3 | 25.2 | 23.1 | 21.1 | 19.1 | 17.3 | 15.4 | 13.7 | [illegible] |
| + 34 | 36.2 | 33.7 | 31.2 | 28.9 | 26.7 | 24.5 | 22.4 | 20.4 | 18.5 | 16.6 | 14.8 | [illegible] |
| + 35 | 38.1 | 35.5 | 33.0 | 30.6 | 28.2 | 26.0 | 23.8 | 21.8 | 19.8 | 17.8 | 16.0 | [illegible] |

Man findet in dieser Tabelle den Wassergehalt eines Cubikmeters ft, in Grammen ausgedrückt, für die jedesmalige Lufttemperatur und e. gleichzeitig beobachtete Differenz der beiden Thermometer, wenn n in der Horizontalreihe, deren äusserste Ziffer links die Lufttempe- ur angiebt, bis zu der Verticalreihe herübergeht, welche mit der be- chteten Differenz der beiden Thermometer überschrieben ist. So fin- t man z. B. für die Lufttemperatur von 20°, wenn das nasse Thermo- ter auf 16° steht, wenn also die Temperaturdifferenz der beiden Ther- meter 4° ist, den Wassergehalt der Luft gleich 11,1, d. h. in diesem lle enthält jedes Cubikmeter Luft 11,1 Gramm Wasserdampf.

Den Instructionen für die meteorologischen Stationen der Schweiz, lands und anderer Länder sind ähnliche psychrometrische Tafeln viel grösserem Umfang beigegeben, in welchen die Temperaturen trocknen Thermometers sowie die Temperaturdifferenzen oder die peraturen des feuchten Thermometers nicht von Grad zu Grad, son- von zehntel zu zehntel Grad fortschreiten, welche also (weil auf re Temperaturgränzen berechnet) eine mehr als 100mal grössere ehnung haben, als die Tabelle auf Seite 642.

Kennt man den absoluten Wassergehalt der Luft, so erhält man relative Feuchtigkeit derselben, wenn man den absoluten Was- halt durch das Maximum des Wasserdampfes dividirt, welches die bei der Temperatur des trocknen Thermometers aufnehmen kann.

Die grösseren psychrometrischen Tafeln enthalten nicht allein den uten, sondern auch den relativen Wassergehalt der Luft, welcher den hrometerablesungen entspricht.

Die aus den Psychrometer-Beobachtungen abgeleiteten Werthe des ergehaltes der Luft sind jedoch nur dann der Wahrheit entsprechend, am Instrumente ein genügender Luftwechsel stattfindet, wenn das- also nicht von einer stagnirenden Luftmasse umgeben ist.

**Tägliche Variationen im Wassergehalte der Luft.** Da 227 oher Temperatur mehr Wasserdampf in der Luft verbreitet sein da mit steigender Wärme das Wasser an der Oberfläche der Ge- r und vom feuchten Boden mehr und mehr verdunstet, so lässt sich erwarten, dass der Wassergehalt der Luft im Laufe eines Tages nd zunehmen wird. Die Gesetze der täglichen Variationen des rgehaltes der Atmosphäre sind besonders durch lange Versuchsrei- von Neuber in Apenrade, von Kupffer in Petersburg und von tz in Halle und auf den Alpen ermittelt worden.

Die folgende Tabelle giebt für Halle die mittlere Spannkraft für die inen Tagesstunden in den Monaten Januar, April, Juli und October llimetern an.

| Stunden. | Januar. | April. | Juli. | Oct |
|---|---|---|---|---|
| Mittag | 4,29mm | 6,15mm | 11,62mm | [illegible] |
| 1 | 4,32 | 6,05 | 11,42 | [illegible] |
| 2 | 4,34 | 6,08 | 11,32 | [illegible] |
| 3 | 4,33 | 6,09 | 11,22 | [illegible] |
| 4 | 4,28 | 6,09 | 11,18 | [illegible] |
| 5 | 4,25 | 6,09 | 11,25 | [illegible] |
| 6 | 4,24 | 6,12 | 11,36 | [illegible] |
| 7 | 4,22 | 6,15 | 11,68 | |
| 8 | 4,20 | 6,13 | 11,76 | |
| 9 | 4,18 | 6,10 | 11,75 | |
| 10 | 4,15 | 6,05 | 11,67 | |
| 11 | 4,14 | 6,03 | 11,52 | |
| Mitternacht | 4,11 | 6,02 | 11,33 | |
| 1 | 4,09 | 5,99 | 11,15 | |
| 2 | 4,09 | 5,93 | 11,05 | |
| 3 | 4,08 | 5,88 | 11,07 | |
| 4 | 4,08 | 5,84 | 11,21 | |
| 5 | 4,07 | 5,87 | 11,44 | |
| 6 | 4,06 | 5,96 | 11,68 | |
| 7 | 4,06 | 6,08 | 11,96 | |
| 8 | 4,05 | 6,25 | 12,11 | |
| 9 | 4,07 | 6,34 | 12,05 | |
| 10 | 4,12 | 6,35 | 11,89 | |
| 11 | 4,21 | 6,28 | 11,72 | |
| Mittel | 4,17 | 6,08 | 11,52 | |

Nach dieser Tabelle sind die Variationen des Wassergeha[lts der] Luft während eines Tages für den Monat Juli in Figur 1, Ta[f...] graphisch, und zwar in der unteren Curve, dargestellt. Die A[bscissen] sind der Zeit die Ordinaten der Spannkraft des Wasserdampfe[s propor]tional aufgetragen, und zwar so, dass einer Spannkraftsdifferenz [...] eine Höhendifferenz von 3 Millimetern entspricht. Man sieht, [dass der] Wassergehalt der Luft zwei Maxima hat eines gegen 9 Uhr [Abends] und ein zweites gegen 9 Uhr Morgens. Ferner zeigt der Was[sergehalt] der Luft zwei Minima, eines um 4 Uhr Nachmittags und eines [bei] Sonnenaufgang.

Wenn mit Sonnenaufgang die Temperatur steigt, vermehrt [sich] die Menge des Wasserdampfes in der Luft, jedoch dauert dies

Uhr, wo ein durch die starke Erwärmung des Bodens veranlasster auf-
strsteigender Luftstrom die Dämpfe mit in die Höhe nimmt, so dass
Wassergehalt der unteren Luftschichten geringer wird, obgleich bei
er zunehmender Wärme die Bildung der Dämpfe fortdauert; diese
ahme dauert bis gegen 4 Uhr; von hier an nimmt der Wassergehalt
r unteren Luftschichten wieder zu, weil jetzt die nach oben gerichtete
strömung aufhört, den sich bildenden Wasserdampf wegzuführen;
och dauert diese Zunahme nur bis gegen 9 Uhr Abends, weil nun die
er mehr sinkende Temperatur der Luft der ferneren Dampfbildung
e Gränze setzt.

Im Winter, wo die Wirkung der Sonne weniger intensiv ist, verhält
die Sache anders; im Januar beobachtet man nur ein Maximum des
ergehaltes der Luft um 2 Uhr Nachmittags und ein Minimum zur
des Sonnenaufganges.

Die obere Curve unserer Figur zeigt uns das Maximum der
nkraft, welches der Wasserdampf bei der, jeder Tagesstunde des
ts Juli entsprechenden mittleren Temperatur erreichen könnte. Da die
n Curven für die Zeit des Sonnenaufgangs sich einander sehr nähern,
t also um diese Zeit die Luft sehr nahe mit Feuchtigkeit gesättigt.
steigender Temperatur nimmt nun zwar anfangs die absolute
ge des Wasserdampfes in der Luft zu, doch nicht im Verhältniss
Temperaturzunahme, der Wassergehalt der Luft entfernt sich also
er mehr von dem ihrer Temperatur entsprechenden Sättigungspunkte
auch, mit anderen Worten, die Differenz zwischen der Temperatur
Luft und dem Thaupunkte wird immer grösser.

Wir sagen „die Luft ist trocken", wenn das Wasser rasch ver-
tet und wenn befeuchtete Gegenstände durch dieses rasche Verdun-
schnell trocken werden; dagegen sagen wir „die Luft ist feucht",
befeuchtete Gegenstände an der Luft nur langsam oder gar nicht
nen, wenn die geringste Temperaturerniedrigung feuchte Nieder-
ge bewirkt, und wenn etwas kältere Gegenstände sich mit Feuch-
it überziehen. Wir nennen also die Luft trocken, wenn sie weit
ihrem Sättigungspunkt entfernt ist, feucht dagegen, wenn der Thau-
t der Temperatur der Luft sehr nahe liegt; mit diesem Urtheile über
Trockenheit oder Feuchtigkeit der Luft verbinden wir also durchaus
Urtheil über den absoluten Wassergehalt der Luft. Wenn an einem
n Sommertage bei einer Temperatur von 25° C. jedes Cubikmeter
13 Gramm Wasserdampf enthält, so sagen wir, die Luft sei sehr trocken;
bei dieser Temperatur könnte jedes Cubikmeter Luft 22,5 Gramm
erdampf enthalten (siehe die Tabelle Seite 637), oder die Luft müsste
auf 15° C. erkaltet werden, um bei unverändertem Wassergehalte ge-
tigt zu sein. Wenn sie dagegen im Winter bei einer Temperatur von
2° C. nur 6 Gramm Wasserdampf enthält, so ist die Luft sehr feucht,
il die Luft für die herrschende Temperatur beinahe vollständig mit

Wasserdampf gesättigt ist und die geringste Temperaturernie
schon einen Niederschlag zur Folge hat.

In diesem Sinne können wir also sagen, dass zur Zeit des
aufganges die Luft am feuchtesten ist, obgleich der absolute
gehalt geringer ist als zu jeder anderen Tageszeit. Gegen 3 U
mittags ist im Sommer die Luft am trockensten.

Die Zeit der beiden Maxima und der beiden Minima de
gehaltes der Luft fällt nahe mit den Wendestunden der tägliche
des Barometers zusammen, so dass man offenbar sieht, wie diese
durch die Variationen des Wassergehaltes der Luft bedingt sind

Auf hohen Bergen befolgen die Veränderungen im Dan
der Luft ein anderes Gesetz, weil der aufsteigende Luftstrom di
dämpfe aus der Tiefe in die Höhe führt. Die unterste der be
ven, Fig. 2, Tab. 21, stellt nach den Beobachtungen von K
Veränderungen dar, welche die Spannkraft des atmosphärische
dampfes im Laufe eines Julitages auf dem Rigi erleidet. Man
aus dieser Curve, dass der absolute Wassergehalt der Luft in
nur ein tägliches Maximum und nur ein tägliches Mini
Auch in der Höhe nimmt der Wassergehalt der Luft von Sonn
an zu, diese Zunahme dauert aber bis Mittag, während in der
Wassergehalt von 9 Uhr an schon wieder abnimmt, weil der au
Luftstrom, welcher die Abnahme des Wassergehaltes in der Ti
lasst, die dort weggeführten Dämpfe in die Höhe bringt. V
Nachmittags an, wenn die Stärke des aufsteigenden Luftstroms
nimmt der Wassergehalt in der Tiefe wieder zu, in der Höhe
aber fortwährend ab, weil bei stets abnehmender Temperatur k
serdampf mehr in die Höhe gebracht wird, sondern umgekehrt
serdämpfe sich in die Tiefe senken. Die obere der beiden C
Fig. 2, Tab. 21, giebt an, wie gross im Juli auf dem Rigi
Stunde die Spannkraft des atmosphärischen Wasserdampfes in M
ausgedrückt sein würde, wenn die Luft stets vollkommen gesätt
In der Höhe ist dieser Beobachtungsreihe zufolge die Luft viel
d. h. sie ist ihrem Sättigungspunkte viel näher als in der Tiefe;
beiden Curven sind für den Rigi fast parallel und nicht weit
ander entfernt, während, wie man aus Fig. 1, Tab. 21, sie
beiden Curven für tiefer gelegene Orte einen sehr ungleichen La
und für die Stunden vor und nach Mitternacht sehr weit von
abstehen.

Die Figuren 3 und 4 auf Tab. 21 stellen nach dem 5. J
der schweizerischen meteorologischen Beobachtungen den mittl
lichen Gang der relativen Feuchtigkeit zu Bern und be
plon-Hospiz (574 und 2008 Meter über dem Meeresspiegel)
Monate Januar und Juli im Jahre 1868 dar. Diese Curven zeig
Winters und Sommers die relative Feuchtigkeit der Luft fast
Tagesstunden in der Höhe viel bedeutender ist als in der Tiefe.

bsolute Wassergehalt der Luft mit ihrer Temperatur um so mehr
mt, je höher man sich über den Meeresspiegel erhebt.

**Jährliche Variationen des Wassergehaltes der Luft. 228**
lgende Tabelle giebt den mittleren Wassergehalt der Luft für die
nen Monate des Jahres zu Halle.

| Monate. | Spannkraft des Wasserdampfes. | Relative Feuchtigkeit. |
|---|---|---|
| Januar . . . . . . . . | 4,509mm | 85,0 |
| Februar . . . . . . . . | 4,749 | 79,9 |
| März . . . . . . . . . | 5,107 | 76,4 |
| April . . . . . . . . . | 6,247 | 71,4 |
| Mai . . . . . . . . . . | 7,836 | 69,1 |
| Juni . . . . . . . . . . | 10,843 | 69,7 |
| Juli . . . . . . . . . . | 11,626 | 66,5 |
| August . . . . . . . . | 10,701 | 61,0 |
| September . . . . . . . | 9,560 | 72,8 |
| October . . . . . . . . | 7,868 | 78,9 |
| November . . . . . . . | 5,644 | 85,3 |
| December . . . . . . . | 5,599 | 86,2 |

)er absolute Wassergehalt der Luft ist wie die mittlere Lufttempe-
im Januar ein Minimum; er nimmt bis zum Juli zu, wo er sein
ıum erreicht, dann aber nimmt er wieder ab bis zu Ende des
ı.

)ie letzte Columne dieser Tabelle unter der Ueberschrift „Relative
tigkeit" giebt an, wie viel Procente des bei der mittleren Tempe-
des Monats möglichen Maximums des Wassergehaltes im Durch-
t in der Luft enthalten sind. Im December ist also im Durchschnitt
ıft am feuchtesten, d. h. sie ist ihrem Sättigungspunkte am näch-
im August aber ist die Luft am trockensten, obgleich ihr absoluter
rgehalt in diesem Monate sehr gross ist, weil sie sehr weit von
Sättigungspunkte entfernt ist. Im August ist der Wassergehalt
ıft im Durchschnitt nur 61 Procent von der Quantität Wasser
, welche in der Luft enthalten sein müsste, wenn sie bei der mitt-
Temperatur dieses Monats gesättigt sein sollte. In diesem Sinne
so November, December, Januar und Februar die feuchtesten, Mai,
uli und August die trockensten Monate des Jahres.

**euchtigkeit der Luft in verschiedenen Gegenden. 229**
ldung des Wasserdampfes ist vorzugsweise von zwei Bedingungen

abhängig, nämlich von der Temperatur und von der Gegenwart von Wasser. Bei einem unbegränzten Wasservorrathe werden sich um so mehr Wasserdämpfe bilden, je höher die Temperatur ist; bei gleicher Temperatur aber werden sich in wasserreichen Gegenden mehr Dämpfe bilden können als in wasserarmen. Daraus folgt nun, dass der absolute Wassergehalt der Luft unter sonst gleichen Umständen von dem Aequator nach den Polen hin abnehmen muss und dass sie im Inneren der grossen Continente trockener, d. h. weiter von ihrem Sättigungspunkte entfernt ist, als auf dem Meere und an den Meeresküsten. Wie sehr die Trocken-heit der Luft mit der Entfernung vom Meere zunimmt, beweist schon die Heiterkeit des Himmels der Binnenländer. Die Hygrometerbeobach-tungen, welche Humboldt und G. Rose in verschiedenen Gegenden von Sibirien gemacht haben, beweisen ebenfalls die ausserordentliche Trocken-heit der Atmosphäre in diesen Gegenden. In der Steppe von Platowsk fanden sie, dass bei einer Temperatur von 23,7° C. die Differenz der beiden Thermometer des Psychrometers 11,7° betrug, während sie in dem gewöhnlichen Zustande der Atmosphäre nur 5 bis 6° beträgt. Neh-men wir an, die Differenz der Thermometer hätte bei einer Temperatur von 24° C. nur 11° betragen, so würde nach der Tabelle auf Seite 6.. jedes Cubikmeter Luft 4,5 Gramm Wasserdampf enthalten haben, eine Quantität, mit welcher die Luft erst bei — 3° C. gesättigt ist; da aber die Temperaturdifferenz noch bedeutend grösser war, als wir eben nähe-rungsweise angenommen hatten, so war der Wassergehalt der Luft noch geringer, der Thaupunkt also noch unter — 3° C., die Luft hätte also um mehr als 27° erkaltet werden können, ohne dass ein Niederschlag von Feuchtigkeit erfolgt wäre.

Ein anderes Beispiel ausserordentlicher Trockenheit beobachtete Abbadie in Abyssinien. Zu Abbay am blauen Nil zeigte das trockene Thermometer des Psychrometers 37,1° C., das feuchte 19,9° C.; die Diffe-renz der beiden Thermometer, 17,2°, geht also über die Gränzen der Tabelle auf Seite 642 hinaus. Mit Hülfe der Formel auf Seite 641 er-giebt sich aber, dass das Cubikmeter Luft nur 6 Gramm Wasserdampf enthält, während es bei 37,1° C. 42,5 Gramm Wasserdampf enthalten könnte. Der Thaupunkt lag bei + 2° C.

Während eines Samums fand derselbe Beobachter am Ufer des rothen Meeres die Temperatur der Luft im Schatten 42,7° C., während das feuchte Thermometer 20,6° C. zeigte. Ein Cubikmeter Luft enthielt dem-nach nur noch 3,8 Gramm Wasserdampf, also nur $^1/_{15}$ des bei 42,7° möglichen Wassergehaltes. (Poggend. Annal. Bd. LXVIII.)

Auf der schweizerischen Naturforscherversammlung, welche im Jahre 1853 zu Pruntrut gehalten wurde, hielt Desor einen Vortrag über das Klima der Vereinigten Staaten von Nordamerika und seinen Einfluss auf die Sitten und Gebräuche ihrer Bewohner, aus welchem sich die hohe Bedeutung ergiebt, welche der Wassergehalt der Atmosphäre auf die klimatischen Verhältnisse eines Landes ausübt.

Bei gleicher mittlerer Jahreswärme und nahezu gleichem jährlichen
ge der Temperatur zeigt doch das Klima eines Ortes in Nordamerika
ι grosse Verschiedenheiten von dem der Westküste von Europa, welche
deutschen Auswanderern sehr auffallend sind und sie zu manchen
lerungen ihrer Gewohnheiten nöthigen. — Die Wäsche trocknet
ıer; die Brotvorräthe, welche man in Europa mehrere Wochen lang
ewahren kann, werden dort in wenigen Tagen ungeniessbar, weil
Brot zu rasch austrocknet. — Die Ernten sind in Nordamerika we-
r unsicher als in Europa. — In Nordamerika kann man ohne Nach-
l für die Gesundheit in ein eben erst vollendetes Haus einziehen, man
nicht nöthig, erst auf das Austrocknen der Wände zu warten; dagegen
en die Schreiner mit grossen Schwierigkeiten zu kämpfen, indem
z, welches man in Europa für hinlänglich ausgetrocknet halten würde,
es für Möbel zu verwenden, zu Boston und New-York in kurzer Zeit
st; auch müssen die Schreiner in Amerika viel stärkeren Leim : n-
den als in Europa.

Alle diese Erscheinungen deuten darauf hin, dass die Luft an den
küsten von Nordamerika im Durchschnitt weit trockener ist als an
Westküsten von Europa.

Da nun aber weder die Regenmenge noch die Anzahl der Regentage
Nordamerika geringer ist als in Europa, so kann der erwähnte Unter-
ed nur dadurch bedingt sein, dass dort bei schönem Wetter die Atmo-
ire weniger mit Feuchtigkeit beladen ist als bei uns. Die Luft bleibt
t, wie in England und Westeuropa, immer ihrem Sättigungspunkte
ı. Sobald es aufgehört hat zu regnen und der Wechsel des Windes
nes Wetter bringt, geht das Hygrometer augenblicklich herunter und
Thaupunkt sinkt bedeutend unter die Temperatur der Luft.

Die Ursache dieser grösseren Trockenheit ist leicht zu erklären. In
rika ist Südwest der herrschende Wind, wie in Europa; an den West-
ten von Europa kommt aber dieser Wind mit Feuchtigkeit beladen
weil er bei seiner Berührung mit dem atlantischen Ocean viel Wasser-
pf aufnehmen konnte, der Südwest ist bei uns also Regenwind.
ers an den Ostküsten von Nordamerika; dort kommen die Südwest-
de erst an, nachdem sie einen weiten Weg über Land und über ziem-
hohe Gebirge zurückgelegt haben, wo sie sich ihrer Feuchtigkeit
ledigen, weshalb sie nur selten Regen bringen.

Der Einfluss dieser klimatischen Verhältnisse auf die Bewohner von
damerika ist auffallend. Selten findet man dort, was man wohlgenährt
nt. Die Nordamerikaner sind meistens mager und zeichnen sich
entlich durch einen langen Hals aus. Europäer, welche nach Amerika
men, werden bald magerer, während umgekehrt die Nordamerikaner
Europa bald dicker werden.

Dem Europäer, welcher in New-York, Boston oder Baltimore landet,
die fieberhafte Regsamkeit auf, welche überall herrscht. Jedermann
n Eile; die Leute auf der Strasse laufen mehr als sie gehen. Aller-

dings bemerkt man in den grossen Städten Englands etwas Aehnl
aber die Thätigkeit des Engländers scheint mehr überlegt (raison
sagt Desor, die des Yankee mehr instinktmässig, mehr das Resultat
natürlichen Ungeduld als der Nothwendigkeit. Der Amerikaner g
sich kaum die Zeit zum Speisen, selbst wenn er nichts zu thun hat. I
ihrer anscheinenden Kälte sind die Amerikaner weit reizbarer als
Europäer und ihre Empfindlichkeit ist sprichwörtlich. —

Gewiss sind diese Eigenthümlichkeiten des Yankeecharakters
zugsweise durch die Trockenheit der Luft bedingt, und man würde
aufmerksamer Beobachtung ähnliche Resultate auch in anderen Län
finden, die durch grosse Trockenheit der Luft ausgezeichnet sind.

230 **Der Thau.** Wenn man an einem schwülen Sommertage aus ei
kühlen Gewölbe eine Flasche kalten Wassers ins Freie bringt, so
schlägt sie, d. h. sie wird in kurzer Zeit mit zarten Wassertröpf
bedeckt, es setzt sich Thau auf derselben ab.

Der Grund dieser Erscheinung ist leicht anzugeben. Die mit
Flasche zunächst in Berührung tretenden Luftschichten werden erk
da die kältere Luft aber nicht so viel Wasserdampf aufnehmen kann
die wärmere, so muss diese Erkaltung nothwendig die Ausscheidung
Theiles des bisher in jenen Schichten enthaltenen Wasserdampfes
Folge haben, die condensirten Wasserdämpfe setzen sich aber in
von Thau auf dem Körper ab, von welchem die Erkaltung ausgeht.

Eine ganz analoge Erscheinung ist das Beschlagen der Fenstersch
eines bewohnten warmen Zimmers, wenn dieselben von Aussen be
kaltet werden.

Die starke Erkaltung, welche alle Körper der Erdoberfläche in
teren windstillen Nächten in Folge der nächtlichen Strahlung erl
(s. §. 187), muss aber in gleicher Weise eine Ausscheidung von Wa
dämpfen in den untersten Luftschichten zur Folge haben, welche si
Form von Thautropfen auf dem Erdboden, auf Steinen, Gras, Laub
ansetzen.

Da nicht alle Körper gleiches Wärmestrahlungsvermögen habe
erkalten auch einige stärker als andere, und so kommt es, dass m
Körper stark mit Thau überzogen sind, während andere fast ganz tr
bleiben. Gras und Blätter erkalten besonders stark durch die nächt
Strahlung, theils weil sie ein sehr starkes Strahlungsvermögen bes
theils aber auch, weil sie frei in die Luft hineinragen, so dass vom B
aus nur wenig Wärme zugeleitet werden kann; man findet sie de
stärker bethaut als die Steine und den nackten Boden.

Bei der französischen Expedition nach Constantine im October 1
litten mehr als 100 Mann an erfrorenen Füssen, Händen und Lip
obgleich das Thermometer nie unter den Gefrierpunkt sank. Der B
aber, auf welchem man sich nächtlich lagerte, erkaltete viel tiefer.

Alles, was die nächtliche Strahlung hindert oder vermindert, hin

er vermindert auch die Thaubildung. Wells legte auf ein Brett, weles in horizontaler Lage durch 4 Stützen 1 Meter hoch über dem Boden halten wurde, 10 Gran Wolle und befestigte eine gleiche Quantität olle auf der unteren Fläche des Brettes. Nach einer heiteren Nacht gab sich, dass das obere Wollbüschel 14 Gran, das untere nur 4 Gran uchtigkeit aufgenommen hatte.

Wenn man über einer Wiese in der Höhe von 2 bis 3 Fuss ein intuch ausspannt, so wird der durch das Tuch gegen die nächtliche ahlung geschützte Theil der Wiese nicht bethaut, während in der nzen Umgebung eine starke Thaubildung stattfindet.

Dadurch erklärt sich auch, warum bei bewölktem Himmel keine aubildung stattfindet.

Dass der Thau nicht etwa, wie man früher meinte, ähnlich dem gen, aus der Luft herabfällt, hat Wells durch folgenden Versuch bessen. Auf den Boden eines oben offenen Cylinders von gebranntem on, welcher 1/3 Meter Durchmesser und 1 Meter Höhe hatte, wurde ein ndel von 10 Gran Wolle gelegt. Obgleich nun dieses Bündel nach n hin in keiner Weise geschützt war, so nahm es doch im Laufe einer teren Nacht nur 2 Gran Feuchtigkeit auf, während ein in der Nähe s frei auf den Boden gelegtes Bündel Wolle in der gleichen Zeit ch Thau um 16 Gran schwerer wurde.

Selbst bei heiterem Himmel thaut es nicht, wenn ein etwas lebhafter nd weht, weil er stets von Neuem warme Luft mit dem Boden in Berung bringt und so theilweise wenigstens den Wärmeverlust ersetzt, cher durch die nächtliche Strahlung veranlasst wird.

Der Reif ist nichts Anderes als ein gefrorener Thau. Wenn der per, an welchem sich der condensirte Wasserdampf absetzt, unter 0° altet ist, so kann er sich nicht mehr in flüssiger Gestalt, sondern in m von Eisnadeln absetzen.

**Nebel und Wolken.** Wenn die Wasserdämpfe, aus einem Topf kochendem Wasser aufsteigend, sich in der kälteren Luft verbreiten, werden sie alsbald verdichtet, es entsteht der Schwaden, welcher aus r Menge kleiner hohler Wasserbläschen besteht, die in der Luft weben. Man nennt diese Schwaden auch öfters Dampf, doch ist es n eigentlicher Dampf mehr, wenigstens kein Dampf im physikalischen ne des Wortes; denn es ist ja ein verdichteter Dampf. 231

Wenn die Verdichtung der Wasserdämpfe nicht durch Berührung kalten festen Körpern, sondern durch die ganze Masse der Luft hinch vor sich geht, so entstehen Nebel, welche im Grossen dasselbe d wie der Schwaden, den wir über kochendem Wasser sehen.

Die Nebel entstehen häufig, wenn das Wasser der Seen und Flüsse r der feuchte Boden wärmer sind als die schon mit Feuchtigkeit getigte Luft. Die Dämpfe, welche in Folge der höheren Temperatur Wassers oder des feuchten Bodens gebildet werden, verdichten sich

alsbald wieder, wenn sie sich in der kälteren, schon mit Wasserdämpfen gesättigten Luft verbreiten. Bei gleicher Temperaturdifferenz des Wassers und der Luft bilden sich keine Nebel, wenn die Luft trocken ist, so dass sich alle die Wasserdämpfe, welche am Boden aufsteigen, in ihr verbreiten können, ohne sie zu sättigen.

Nach dem, was soeben über die Bildung des Nebels gesagt wurde, erklärt sich leicht, dass sich die Nebel vorzugsweise im Herbste über Flüssen und Seen und über feuchten Wiesen bilden. In England sind die Nebel besonders häufig, weil es von einem warmen Meere umspült ist; ebenso sind die warmen Gewässer des Golfstromes, welcher theilweise bis nach Neufoundland hinaufströmt, die Ursache der dort so häufigen dichten Nebel.

Manchmal beobachtet man Nebel unter scheinbar ganz verschiedenen Umständen; so sieht man dichte Nebel über den Flüssen, während die Luft wärmer ist als das Wasser oder das Eis. In diesem Falle ist die warme Luft mit Feuchtigkeit gesättigt, und wenn sie sich mit den Luftschichten mischt, welche durch die Berührung mit dem kalten Wasser oder dem Eise schon eine niedrigere Temperatur erlangt haben, so muss nothwendig eine Condensation des Wasserdampfes erfolgen.

Auf dieselbe Weise entstehen auch im Sommer nach Gewitterregen die Nebel über Flüssen und Seen. Die Luft ist wärmer als die Oberfläche des Wassers, aber sie ist mit Feuchtigkeit gesättigt, und sobald sie sich an Orte verbreitet, an welchen die Frische des Wassers fühlbar ist, wird durch die Erkaltung der Wasserdampf verdichtet.

Der Nebel bildet sich jedoch nicht allein über Flüssen und Seen, sondern auch mitten im Lande, sobald durch Luftströmungen wärmere feuchte Luftmassen mit kälteren gemischt und ihre Temperatur unter den Thaupunkt erniedrigt wird.

Die Wolken sind nichts anderes als Nebel, welche in den höheren Luftregionen schweben, sowie denn Nebel nichts sind als Wolken, welche auf dem Boden aufliegen. Oft sieht man die Gipfel der Berge in Wolken eingehüllt, während die Wanderer auf diesen Bergspitzen sich mitten im Nebel befinden.

Auf den ersten Anblick scheint es unbegreiflich, wie die Wolken in der Luft schweben können, da sie doch aus Bläschen bestehen, welche offenbar schwerer sind als die umgebende Luft. Da das Gewicht dieser kleinen Wasserbläschen im Vergleich zu ihrer Oberfläche sehr gering ist, so muss die Luft ihrem Fall einen bedeutenden Widerstand entgegensetzen, sie können sich also nur sehr langsam herabsenken, wie ja auch eine Seifenblase, welche überhaupt mit unseren Dunstbläschen eine grosse Aehnlichkeit hat, in ruhiger Luft nur langsam fällt. Demnach müssen aber doch die Dunstbläschen, wenn auch noch so langsam, sinken, und man sollte demnach meinen, dass bei ruhigem Wetter die Wolken doch endlich bis auf den Boden herabkommen müssten.

Die bei ruhigem Wetter allerdings herabsinkenden Dunstbläschen

aber den Boden nicht erreichen, weil sie bald in wärmere, nicht
impfen gesättigte Luftschichten gelangen, in welchen sie sich
in Dampf auflösen und dem Blicke verschwinden; während sich
iten die Dunstbläschen auflösen, werden an der oberen Gränze neue
t, und so scheint die Wolke unbeweglich in der Luft zu schweben.
ir haben eben die Dunstbläschen in ganz ruhiger Luft betrachtet;
regter Luft werden sie der Richtung der Luftströmung folgen
. Ein Wind, welcher sich in horizontaler Richtung fortbewegt,
ie Wolken auch in horizontaler Richtung fortführen, und ein auf-
der Luftstrom wird sie mit in die Höhe nehmen, sobald seine
indigkeit grösser ist als die Geschwindigkeit, mit welcher die
bläschen in ruhiger Luft herabfallen würden. Sehen wir ja doch
rie die Seifenblasen durch den Wind fortgeführt und über Häuser
getragen werden. So erklärt sich denn auch durch die aufstei-
Luftströme das Steigen des Nebels.

as Ansehen der Wolken ist, je nachdem sie höher oder tiefer
en, je nachdem sie mehr oder weniger dicht, auf diese oder jene
beleuchtet sind u. s. w., gar mannigfaltig. Howard hat unter
rschiedenen Wolken folgende Hauptarten unterschieden:

Die Federwolke, *cirrus*, besteht aus sehr zarten, bald mehr
en, bald mehr locken- oder federartigen Fasern, welche nach schönem
zuerst am Himmel erscheinen. In unserer Figur 326 (a. f. S.) sieht
e in dem Eck oben rechts bis herunter, wo die zwei Vögel schweben.
ckenem Wetter sind die Federwolken mehr streifig, bei feuchtem
erwaschen.

Die Haufenwolke, *cumulus*, welche in unserer Figur gerade
die Federwolke gezeichnet ist, bildet grosse halbkugelförmige
, welche auf horizontaler Basis zu ruhen scheinen; diese Wolken
nen vorzugsweise im Sommer; manchmal thürmen sich Haufen-
zu malerischen Gruppen zusammen und bieten dann, von der
beschienen, den Anblick ferner Schneegebirge.

Die Schichtwolken, *stratus*, sind horizontale Wolkenstreifen
erer Figur unter den *cumulus*), welche vorzugsweise bei Sonnen-
ing mit ausserordentlicher Farbenpracht erscheinen.

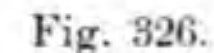
iese Grundformen gehen auf mannigfaltige Weise in einander über;
d hat diese Uebergangsformen durch die Namen *cirro-cumulus*,
*ratus*, *cumulo-stratus* und *nimbus* bezeichnet.

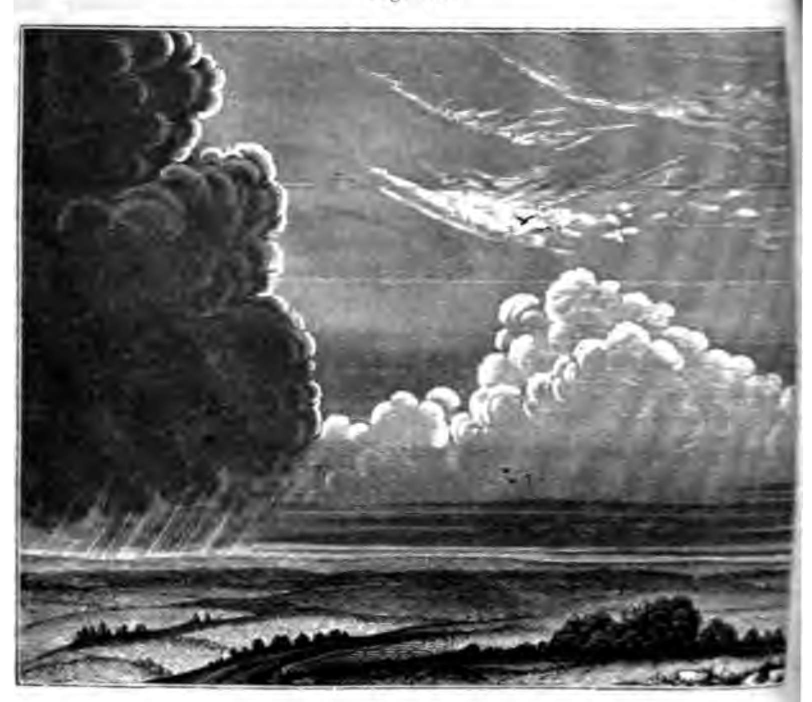
ie fedrige Haufenwolke, *cirro-cumulus*, ist der Uebergang der
olke zur Haufenwolke; es sind die kleinen weissen, runden Wölk-
velche unter dem Namen Schäfchen allgemein bekannt sind.

enn die Federwolken nicht einzeln zerstreut, sondern zu Streifen
deutender Ausdehnung verbunden sind, so bilden sie die fedrige
itwolke, *cirro-stratus*, welche, wenn sie nahe am Horizonte stehen,
nblick ausgedehnter Schichten bieten; oft überziehen die *cirro*-
den ganzen Himmel mit einem Schleier.

Wenn die Haufenwolken dichter werden, so gehen sie in die streifige Haufenwolke, *cumulo-stratus*, über, welche oft den ganzen Horizont mit einem blauschwarzen Farbentone überziehen und endlich in die eigentliche Regenwolke, *nimbus* (in unserer Figur links), übergehen.

Wenn man bedenkt, wie ausserordentlich mannigfaltig an Gestalt sowohl als auch an Farbe die verschiedenen Wolken sein können, so begreift man wohl, dass es oft schwierig ist, zu entscheiden, ob das Ansehen einer Wolke sich mehr dem einen oder dem anderen Typus nähert.


Fig. 326.



Unter allen Wolkenarten sind die Federwolken die höchsten, denn auf hohen Bergen bieten sie noch denselben Anblick wie im Thale. Kämtz hat zu Halle ihre Höhe annähernd zu 20000 Fuss bestimmt. Es ist höchst wahrscheinlich, dass die *cirrus* nicht aus Nebelbläschen, sondern aus Eisnädelchen bestehen.

Die Haufenwolken bilden sich gewöhnlich, wenn durch den aufsteigenden Luftstrom die Wasserdämpfe in die Höhe geführt, und dort wegen der geringeren Temperatur, verdichtet werden. Daher kommt es, dass sich oft gegen Mittag Wolken bilden, während die Sonne am heiteren Himmel aufgegangen ist. Gegen Abend wird der Himmel wieder heiter,

il die Wolken sich wieder senken, wenn der aufsteigende Strom auf-rt; in tieferen wärmeren Regionen angekommen, lösen sich dann die olken wieder auf, wenn die Luft nicht mit Dämpfen gesättigt ist. enn aber der Südwestwind mehr und mehr Wasserdämpfe herbeiführt, hrend die Luft schon mit Dämpfen gesättigt ist, so können die sich nkenden Wolken nicht wieder aufgelöst werden, sie werden dichter d dunkler, während oft hoch über den unteren Wolken eine Schicht n Federwolken schwebt. Die unteren Haufwolken gehen dann mehr d mehr in *cumulo-stratus* über, und man hat alsdann Regen zu er-arten.

Wenn durch fortwährende Condensation von Wasserdämpfen die nelnen Dunstbläschen grösser und schwerer werden, wenn endlich elne Bläschen sich nähern und zusammenfliessen, so bilden sich förm-e Wassertropfen, welche nun als Regen herabfallen. In der Höhe die Regentropfen noch sehr klein, sie werden aber während des ens grösser, weil sie wegen ihrer geringeren Temperatur die Wasser-pfe der Luftschichten verdichten, durch welche sie herabfallen.

**Regenmenge.** Die Menge des Regens, welcher an irgend einem **232** e der Erde im Laufe eines Jahres fällt, ist für die Meteorologie ein st wichtiges Element. Die Instrumente, deren man sich zu diesem

Fig. 327.

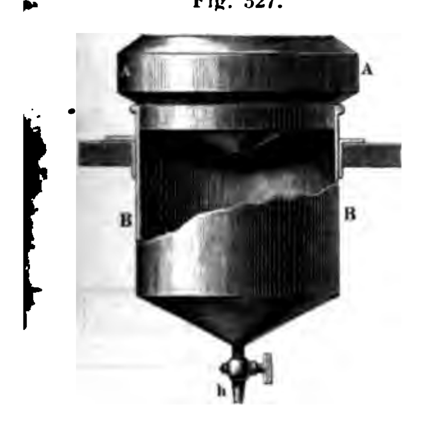



Fig. 328.



ecke bedient, werden Regenmesser, Ombrometer, Udometer oder ch Hyetometer genannt. Fig. 327 stellt einen Regenmesser dar, wie selben auf den schweizerischen, badischen und russischen meteoro-gischen Stationen in Anwendung sind. Der Regen fällt in ein Blech-fäss *A*, dessen obere freie Oeffnung einen Flächeninhalt von 500 Qua-atcentimeter hat. Aus *A* fällt das Wasser durch eine Oeffnung von Centimeter Durchmesser in das Reservoir *B*, auf welches das Gefäss *A* aufgesetzt ist, dass es leicht abgenommen werden kann. Das in *B* sammelte Wasser wird jeden Tag um 2 Uhr Nachmittags durch den

Hahn *h* abgelassen und in dem graduirten Glascylinder der Fig. 323 aufgefangen, der so getheilt ist, dass das Wasser, welches den Zwischenraum zwischen zwei auf einander folgenden Theilstrichen ausfüllt, auf einer Fläche von 500 Quadratcentimeter ausgebreitet, dieselbe mit einer $^1/_{10}$ Millimeter hohen Wasserschicht bedecken würde. Wenn also die in einer bestimmten Zeit gefallene Regenmenge den Cylinder bis zum nten Theilstrich (von unten an gezählt) füllt, so ist in dieser Zeit so viel Regen gefallen, dass er den Boden bis zu einer Höhe von $\frac{n}{10}$ Millim. mit Wasser bedeckt haben würde, wenn kein Wasser in den Boden eingedrungen, oder abgeflossen oder verdunstet wäre.

Die folgenden Tabellen geben die Regenverhältnisse verschiedener Orte in Europa.

## I. Portugal.

| | Lissabon. | Coimbra. | Mafra. | Funchal auf Madeira |
|---|---|---|---|---|
| Jährliche Regenmenge | 25,4 P.-Z. | 111,5 | 41,5 | 26,0 |
| Im Winter . . . . . . | 39,9 Proc. | 21,0 | 53,4 | 50,6 |
| „ Frühling . . . . . | 33,9 | 18,6 | 27,5 | 16,3 |
| „ Sommer . . . . . | 3,4 | 17,6 | 2,7 | 2,8 |
| „ Herbst . . . . . . | 22,8 | 42,8 | 16,4 | 30,3 |

## II. Westliches und südliches England.

| | Insel Man. | Bristol. | Liverpool. | Manchester. | Lancaster. | [illegible] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Jahr . . . . | 34,8 P. Z. | 21,8 | 32,3 | 23,9 | 37,2 | [illegible] |
| Winter . . . | 27,3 Proc. | 20,5 | 21,6 | 24,0 | 26,2 | [illegible] |
| Frühling . . | 18,2 | 23,8 | 17,9 | 20,0 | 16,1 | [illegible] |
| Sommer. . . | 19,7 | 23,2 | 27,7 | 27,0 | 28,3 | [illegible] |
| Herbst . . . | 34,8 | 32,5 | 32,9 | 29,0 | 29,4 | [illegible] |

### III. Inneres und östliches England.

| | Oxford. | London. | Dumfries. | Glasgow. | Edinburgh. | Chattsworth. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| . . . . | 20,6 P. Z. | 23,4 | 34,7 | 20,0 | 23,3 | 25,9 |
| r. . . . | 21,9 Proc. | 23,6 | 24,6 | 24,9 | 23,4 | 23,2 |
| ng . . . | 19,3 | 22,4 | 18,3 | 17,8 | 19,9 | 19,9 |
| er . . . | 24,4 | 23,5 | 25,5 | 29,9 | 26,8 | 27,9 |
| . . . . | 34,4 | 30,5 | 31,6 | 27,3 | 29,9 | 28,9 |

### IV. Westküste von Frankreich und die Niederlande.

| | Bordeaux. | La Rochelle. | Franecker. | Rotterdam. | Breda. | Middelburg. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| . . . . | 24,3 P. Z. | 24,2 | 18,6 | 21,2 | 24,7 | 25,4 |
| r. . . . | 27,7 Proc. | 28,2 | 21,9 | 16,5 | 23,2 | 21,8 |
| ng . . . | 21,4 | 19,7 | 16,8 | 22,3 | 18,0 | 14,1 |
| er . . . | 24,1 | 17,9 | 28,8 | 29,8 | 23,9 | 31,5 |
| . . . . | 26,7 | 34,2 | 32,5 | 31,9 | 34,9 | 32,6 |

### V. Westrheinische Gegenden.

| | Paris. | Brüssel. | Cambray. | Metz. | Troyes. | Strassburg. | Coblenz. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| . . | 20,8 P. Z. | 17,9 | 16,0 | 27,2 | 22,4 | 25,6 | 20,9 |
| r . | 20,7 Proc. | 18,7 | 13,8 | 21,6 | 18,7 | 16,0 | 16,2 |
| ng | 25,0 | 23,7 | 21,9 | 25 | 27,4 | 23,6 | 24,0 |
| er | 30,5 | 30,7 | 33,4 | 21,1 | 28,1 | 34,1 | 35,0 |
| : . | 23,8 | 26,9 | 30,9 | 31,1 | 25,8 | 26,3 | 24,9 |

### VI. Deutschland.

| | Mannheim. | Stuttgart. | Ulm. | Regensburg. | Tegernsee. | Göttingen. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Jahr . . | 21,0 P. Z. | 23,7 | 25,1 | 21,1 | 43,8 | 24,9 |
| Winter . | 18,3 Proc. | 20,1 | 21,3 | 19,3 | 16,4 | 18,4 |
| Frühling | 23,7 | 19,8 | 19,5 | 17,7 | 18,5 | 18,1 |
| Sommer | 32,6 | 33,5 | 36,6 | 40,1 | 44,7 | 35,9 |
| Herbst . | 25,4 | 26,6 | 22,6 | 22,9 | 20,4 | 27,6 |

### VII. Schweden, Dänemark und Russland.

| | Bergen. | Copenhagen. | Stockholm. | Upsala. | Abo. |
|---|---|---|---|---|---|
| Jahr . . . . . | 83,2 P. Z. | 17,3 | 19,2 | 16,7 | 24,2 |
| Winter . . . | 26,6 Proc. | 19,1 | 14,8 | 17,4 | 17,7 |
| Frühling . . . | 17,9 | 15,4 | 13,3 | 21,0 | 18,3 |
| Sommer . . . | 21,0 | 37,7 | 38,0 | 32,8 | 28,0 |
| Herbst . . . . | 34,5 | 27,8 | 33,9 | 28,8 | 36,0 |

### VIII. Südöstliches Frankreich und die Schweiz.

| | Marseille. | Toulon. | Nimes. | Viviers. | Joyeuse. | Bourg en Bresse. | Toulouse. | Dijon. | Genf. | Bern. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Jahr . . | 20,6 | 17,5 | 23,7 | 33,9 | 47,7 | 43,3 | 23,7 | 23,9 | 29,8 | 43,2 |
| Winter . | 20,8 | 23,0 | 22,3 | 19,4 | 20,3 | 20,8 | 21,0 | 17,9 | 21,6 | 20,9 |
| Frühling | 22,3 | 24,1 | 24,0 | 22,2 | 23,1 | 24,6 | 26,2 | 25,6 | 21,8 | 20,0 |
| Sommer | 12,5 | 9,3 | 13,9 | 20,0 | 16,2 | 24,4 | 24,9 | 27,6 | 29,7 | 35,1 |
| Herbst . | 44,4 | 43,6 | 39,8 | 38,4 | 40,4 | 30,2 | 28,8 | 28,9 | 26,9 | 24,0 |

## IX. Italien.

| | Palermo. | Rom. | Genua. | Florenz. | Siena. | Mailand. | Verona. | Padua. | Rovigo. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| . . . . . | 20,7 | 29,3 | 44,4 | 38,7 | 32,0 | 35,5 | 34,6 | 34,6 | 30,8 |
| . . . . . | 39,1 | 31,0 | 27,2 | 35,7 | 19,7 | 21,1 | 18,3 | 19,0 | 31,0 |
| . . . . . | 24,3 | 24,9 | 28,6 | 20,9 | 26,2 | 24,1 | 25,4 | 26,4 | 27,4 |
| . . . . . | 5,5 | 9,7 | 9,2 | 12,9 | 18,2 | 23,9 | 26,1 | 25,6 | 14,3 |
| . . . . . | 31,1 | 34,3 | 35,0 | 30,5 | 36,9 | 30,9 | 30,2 | 29,0 | 27,3 |

erste Horizontalreihe einer jeden dieser Tabellen giebt die jähr-
enmenge in Pariser Zollen an, die folgenden Horizontalreihen
n an, wie viel Procente der jährlichen Regenmenge auf die ein-
hreszeiten kommen.

der Betrachtung dieser Tabellen ergiebt sich zunächst, dass
pa in Beziehung auf die Vertheilung des Regens in drei Pro-
eilen lässt.

ngland, auf den Westküsten von Frankreich, in den Nieder-
d Norwegen sind die Herbstregen vorherrschend.

Deutschland, den westrheinischen Gegenden, Dänemark und
herrschen die Sommerregen vor.

Sommerregen treten im südöstlichen Frankreich, Italien, dem
Portugal, überhaupt in dem Theile Europas, welcher Afrika
liegt, bedeutend zurück.

Allgemeinen nimmt die Regenmenge mit der Entfernung vom
; bezeichnen wir die jährliche Regenmenge in Petersburg mit 1,
jährliche Regenmenge

in den Ebenen von Deutschland . . . . . 1,2
im Inneren von England . . . . . . . . . 1,4
an den Küsten von England . . . . . . . 2,1

Regenmenge nimmt mit der Höhe der Orte über der Meeres-
, weil die Berge einen Niederschlag veranlassen, wenn sie von
ome feuchter Luft getroffen werden; daher die bedeutende Re-
e in den Alpen.

einem und demselben Orte nimmt die Regenmenge mit der Höhe
Boden ab, wahrscheinlich weil die Regentropfen, indem sie
mit Wasserdampf gesättigte Luft herabfallen, sich fortwährend

vergrössern; so fallen z. B. im Hofe des Observatoriums zu Paris im Laufe eines Jahres durchschnittlich 57cm, auf der 28 Meter höher liegenden Terrasse nur 50cm Regen.

Die Anzahl der Regentage während eines Jahres nimmt in Europa im Allgemeinen von Süden nach Norden zu. Im Durchschnitt kommen auf das Jahr

| | |
|---|---|
| im südlichen Europa . . . . . | 120 Regentage |
| im mittleren „ . . . . . | 146 „ |
| im nördlichen „ . . . . . | 180 „ |

Dass die Regenmenge nicht allein von der Zahl der Regentage abhängen kann, ist klar; denn es kommt ja nicht allein darauf an, an wie vielen Tagen es regnet, sondern auch, wie viel es regnet. Wenn in den nördlicheren Gegenden die Zahl der Regentage zunimmt, so nimmt dagegen die Intensität des Regens im Allgemeinen ab, und so erklärt sich z. B., dass in Petersburg die Zahl der Regentage zwar grösser, die Regenmenge aber geringer ist als in Rom.

Mit der Entfernung vom Meere nimmt sowohl die Regenmenge als auch die Zahl der Regentage ab; so kommen z. B. im Durchschnitt

| | |
|---|---|
| in Petersburg . . . . . . . . | 168 |
| in Kasan . . . . . . . . . . | 90 |
| in Jakutzk . . . . . . . . . | 60 |

Regentage auf das ganze Jahr.

So wie unter sonst gleichen Umständen der Regen in wärmeren Gegenden intensiver ist als in kälteren, so ist er auch in der warmen Jahreszeit intensiver als in der kalten. Im Durchschnitt kommen in Deutschland auf den Winter 38, auf den Sommer 42 Regentage; die Zahl der Regentage ist also im Sommer kaum etwas bedeutender als im Winter, und doch die Regenmenge im Sommer ungefähr doppelt so gross als im Winter. In den Sommermonaten fällt oft bei einem einzigen Gewitter mehr Regen, als sonst in mehreren Wochen.

Von der aus einer langen Reihe von Beobachtungsjahren abgeleiteten mittleren jährlichen Regenmenge eines Ortes weicht die Regenmenge einzelner Jahre in weit auffallenderem Verhältniss ab, als die Mitteltemperatur eines bestimmten Jahres von dem allgemeinen Jahresmittel der Temperatur. Als Mittel aus 30 Jahren (1837 bis 1867) beträgt die jährliche Regenmenge zu Frankfurt a. M. 25,9 Pariser Zoll. Im Jahre 1864 betrug die gesammte Regenmenge nur 13,5″, im Jahre 1867 dagegen betrug sie 53,2″. Die Regenmenge des Juli 1867 betrug zu Frankfurt a. M. allein 8,9″, im Juli 1863 hingegen nur 0,7″.

Sehr ungleich ist auch oft die gleichzeitige Regenmenge verschiedener nicht weit von einander entfernter Orte, wie man aus Fig. 1 Tab. 22 ersieht, in welcher dem 5ten Jahrgang der Schweizerischen Meteorologischen Beobachtungen zufolge die Regenmengen der einzelnen

e vom 10. September bis zum 11. October 1868 für den Bernhardin, Gotthard und Altdorf zusammengestellt sind. Die Regenhöhen in dieser Figur nur in $^{1}/_{10}$ der wirklichen Grösse aufgetragen, illim. also für 1 Centim. Regenhöhe.

Für den 28. September betrug die Regenhöhe für Altdorf $20^{mm}$, den Gotthard $34^{mm}$, für den Bernhardin aber $250^{mm}$ oder ungefähr Pariser Zoll. Zu Frankfurt a. M. betrug die gesammte Regenmenge ganzen Septembers 1868 nur 1,6 Pariser Zoll. Die enormen Regen-sen, welche in der letzten Hälfte des September 1868 auf dem Kamme Alpen fielen, veranlassten bekanntlich furchtbare Ueberschwemmungen.

**Regen zwischen den Wendekreisen.** Da, wo die Passat- 233 le mit grosser Regelmässigkeit wehen, ist der Himmel meistens heiter, es regnet selten, namentlich wenn die Sonne auf der anderen Hemi-re steht. Auf den Continenten aber wird die Regelmässigkeit des ats gestört durch die Intensität des aufsteigenden Luftstromes, sobald die Sonne dem Zenith nähert; um diese Zeit stellt sich auch ein ·ere Monate andauerndes heftiges Regenwetter ein, während die andere :e des Jahres hindurch der Himmel heiter und die Luft trocken ist. Humboldt hat uns die Erscheinungen der nassen Jahreszeit im lichen Theile von Südamerika beschrieben. Vom December bis zum uar ist die Luft trocken und der Himmel heiter. Im März wird die feuchter, der Himmel weniger rein, der Passatwind weht weniger :, und oft ist die Luft ganz ruhig. Mit Ende März beginnen die itter; sie bilden sich des Nachmittags, wenn die Hitze am grössten und sind von heftigen Regengüssen begleitet. Gegen Ende April t eigentlich die nasse Jahreszeit an; der Himmel überzieht sich mit n gleichförmigen Grau, und es regnet täglich von 9 Uhr Morgens l Uhr Nachmittags; des Nachts ist der Himmel meistens rein. Der n wird am heftigsten, wenn die Sonne im Zenith steht. Allmälig die Zeit des Tages, in welcher es regnet, immer kürzer, und gegen e der Regenzeit regnet es nur Nachmittags.

Die Dauer der Regenzeit ist in verschiedenen Gegenden nicht die-; sie beträgt 3 bis 5 Monate.

In Ostindien, wo die Regelmässigkeit der Passatwinde durch örtliche ältnisse gestört ist und wo statt ihrer die Moussons wehen, finden ebenfalls regelmässige Regenverhältnisse; an der steilen Westküste Vorderindien fällt die Regenzeit mit der Zeit unseres Sommers zu-nen, sie fällt nämlich in die Zeit, zu welcher die Südmoussons wehen mit Feuchtigkeit beladen, an die hohen Gebirge anstossen. Während uf der Küste Malabar regnet, ist auf der Ostküste Coromandel der mel heiter; hier stellt sich die Regenzeit mit dem Nordpassat, also de zu der Zeit ein, in welcher auf der Westküste die trockene Jahres-herrscht.

In der Region der Calmen findet man diese periodischen Regen

nicht, es finden hier fast täglich heftige Regengüsse Statt. Der aufsteigende Luftstrom führt eine Menge von Wasserdämpfen in die Höhe, welche sich in den kälteren Regionen wieder verdichten. Die Sonne geht fast immer bei heiterem Himmel auf, gegen Mittag aber bilden sich einzelne Wolken, welche dichter und dichter werden, bis ihnen endlich, meist unter heftigen Windstössen und elektrischen Entladungen, eine ungeheure Regenmenge entströmt. Gegen Abend zerstreut sich das Gewölk und die Sonne geht wieder bei heiterem Himmel unter.

Die jährliche Regenmenge ist im Allgemeinen in den Tropen sehr gross, sie beträgt z. B. in Bombay 73,5, in Kandy 68,9, in Sierra Leone 80,9, zu Rio Janeiro 55,6, auf St. Domingo 100,9, zu Havannah 58,7 und in Grenada 105 Pariser Zoll. Bedenkt man nun, dass der Regen meist nur auf wenige Monate vertheilt ist und dass es nur an wenigen Stunden des Tages regnet, so ist klar, dass der Regen sehr stark sein muss. In Bombay fiel an einem Tage 5 Zoll, zu Cayenne in 10 Stunden 10 Zoll Regen. Die Regentropfen sind sehr gross und fallen mit solcher Geschwindigkeit nieder, dass sie auf der nackten Haut ein schmerzhaftes Gefühl erzeugen.

Die Karte Tab. XXIII soll dazu dienen, ein Bild der Vertheilung des Regens auf der Erdoberfläche zu geben, und zwar ist die Schattirung um so dunkler, je grösser die Regenmenge eines Ortes ist. Man übersieht z. B. aus dieser Karte, dass in der Region der Calmen die Regenmenge sehr bedeutend ist, während auf dem Meere in der Region der Passate ungleich weniger Regen fällt; dass es auf den Inseln und an den meisten Küsten der grösseren Continente mehr regnet als in den Binnenländern u. s. w. Ausserdem findet man auf dieser Karte angegeben, in welcher Jahreszeit der Regen vorherrschend ist.

234 **Hyetographische Karten** sind solche, welche die Regenverhältnisse eines Landes anschaulich machen. In diesem Sinne ist Tabelle XXIII des Atlasses eine hyetographische Erdkarte. Dass eine solche die Regenverhältnisse der Erde nur im Grossen und Ganzen darstellt, dass man aus ihr nicht die speciellen Regenverhältnisse einzelner Länder entnehmen kann, versteht sich von selbst; zu diesem Zwecke muss man Specialkarten der fraglichen Länder von un[...] grösserem Maassstabe zur Hand nehmen, je mehr man in die Details der Regenvertheilung einzugehen beabsichtigt. In der That sind bereits hyetographische Karten verschiedener Länder ausgeführt worden, von denen wir als Beispiel v. Sonklar's Regenkarte der österreichischen Monarchie (im 4. Bande der Mittheilungen der königl. kaiserl. geograph. Gesellschaft) anführen wollen. Fig. 329 ist eine verkleinerte Copie dieser interessanten Karte, welche sehr deutlich die Beziehungen zwischen Bodengestalt und Niederschlag versinnlicht. Unser Kärtchen zeigt den Verlauf der Isohyeten, d. h. der Linien gleicher jährlicher Regenmenge von 10 zu 10 Pariser Zoll. Die Curve von 20 Pr

Zoll jährlicher Regenmenge schliesst die in der Karte weissgelassenen
nden ein, deren jährliche Regenmenge im Durchschnitt unter 20 Zoll
gt. Die in sich zurücklaufenden Curven von 40″ schliessen die

Fig. 329.



ie ein, deren mittlere jährliche Regenmenge über 40″ beträgt.
halb der Curven von 40″ liegen die Curven von 50″, 60″ u. s. w.
rösste Regenmenge des auf unserem Kärtchen dargestellten Gebietes
anta Maria am Stilfser Joch; sie beträgt 92 Pariser Zoll.

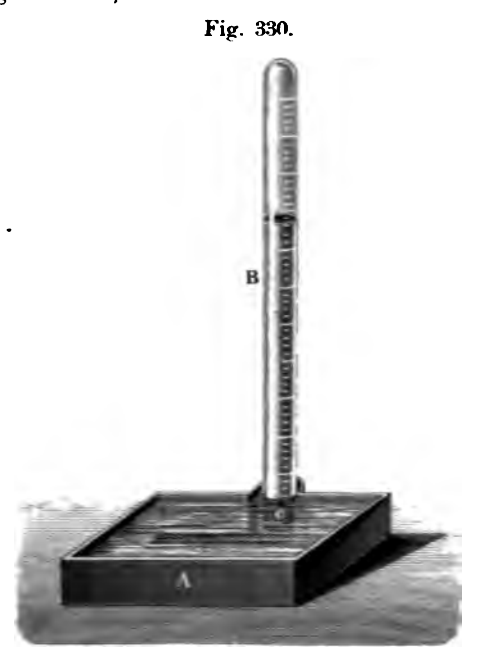
Nördlich von der starken dunklen Linie sind die Sommerregen
rrschend.

**Die Verdunstung.** Zu den wichtigsten meteorologischen Daten 235
t neben der Regenmenge ohne Zweifel die bis jetzt noch keineswegs
gend berücksichtigte und beobachtete Verdunstung, durch welche
einer freien Wasserfläche sowohl, wie von einem feuchten nackten
mit Pflanzen bedeckten Boden eine nach Umständen grössere oder
re Quantität Wasser als Dampf in die Atmosphäre übergeht.

Die Vorrichtungen, welche man construirt hat, um die Grösse der
nstung zu messen, hat man Atmometer oder Evaporometer
nt. Ursprünglich bestanden sie einfach aus oben offenen runden
quadratischen Gefässen, welche an einem vor Regen geschützten,
aber den atmosphärischen Einflüssen möglichst ausgesetzten Orten
stellt, nahe bis zum Rande gefüllt wurden. Die Grösse der Ver-
ung ermittelte man entweder durch Wägung oder durch Messung
Erniedrigung, welche der Wasserspiegel in Folge der Verdampfung
let. In neuerer Zeit hat man vielfach verbesserte Atmometer con-
t, welche aber auch zum Theil ziemlich complicirt sind. Eine der
mässigsten Formen des Atmometers dürfte wohl das in Fig. 330

dargestellte Prestel'sche sein (Jelinek, Zeitschrift für Meteorologie An einem Blechgefäss $A$ von quadratischem Querschnitt ist auf der e Seite eine Nebenkammer angebracht und in diese eine graduirte ( röhre $B$ eingesetzt, in welche unten bei $o$ eine seitliche Oeffnung gebohrt ist, welche sich dicht unter dem Wasserspiegel im Gefäss $A$ findet, so dass, wenn Nieveau in $A$ etwas g ken ist, eine Luftblase ( $o$ in die Glasröhre $B$ treten und dagegen solche Menge Wasser treten kann, dass der serspiegel in $A$ bis auf kleine Schwankungen verändert erhalten Die Quantität des in bestimmten Zeit vom gel in $A$ verdunsteten sers lässt sich mit g Genauigkeit an der Th des Rohres $B$ ablesen

Fig. 330.




Dufour hat ein I ment construirt, welc Siccimeter nennt (B la Soc. vaudoise des sc naturelles tom X, und dessen Zweck d die Differenz zwis Regenmenge und Verdunstung anzugeben. Fig. 331 stell Siccimeter im Durchschnitt dar. Das aus Zinkblech gefertigte ( $AD$, welches zum Theil in den Boden eingegraben ist, hat einen I messer von 50 und eine von 25 Centimeter. Oben dasselbe das Gefäss $BC$ e setzt, welches bei glei Durchmesser nur 8 Centim. ist und welches gewisserma einen Deckel für $AD$ b Das Gefäss $BC$ ist von e conischen, gleichsam ein bildenden Ringe *nm* umg welcher verhindert, dass Wasser längs dem äusseren fang von $BC$ in das untere Gefäss eindringen kann. In der Mitte Bodens von $BC$ ist eine $1^1/_2$ Centim. weite Röhre eingelöthet, we

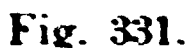


Fig. 331.



die Figur zeigt, an ihrem oberen Ende horizontal umgebogen ist unten nahe am Boden von $AD$ mündet.

Um den Apparat in Gang zu setzen, wird er bis zur oberen Mün-g des Rohres $rs$ mit Wasser gefüllt und dann sich selbst überlassen. ch Verdampfung wird sich der Wasserspiegel im oberen Gefäss senken, rend er in Folge von Regen steigt. Wenn innerhalb einer gegebenen ode die Regenmenge grösser ist als die Verdunstungsmenge, so wird r Ueberschuss des gefallenen Wassers durch das Rohr $rs$ in das re Gefäss $AD$ abfliessen. Nach 2, 3, 4 Tagen wird das Niveau des ers in $BC$, und alsdann, nachdem man das Gefäss $BC$ abgehoben der Stand des Wassers in $AD$ gemessen.

Die Messung des Wasserstandes in $AD$ und $BC$ wird mit Hülfe r Millimeterscala ausgeführt, welche innerhalb der an der Wand des en und des unteren Gefässes befestigten Hülsen $a$ und $b$ auf- und ab-hoben werden kann. Die Maassstäbchen werden in ihrer Hülse so weit geschoben, dass ihr unteres, in eine feine Spitze auslaufendes Ende le den entsprechenden Wasserspiegel berührt. Zieht man von der $R$, um welche der Wasserspiegel im unteren Gefässe während meh-auf einander folgender Tage in Folge von Regen gestiegen ist, die $V$ ab, um welche der Wasserspiegel des oberen Gefässes in Folge während derselben Zeit stattgefundenen Verdunstung gefallen ist, so t man den Ueberschuss der Regenhöhe über die Verdunstungshöhe. Differenz $R - V$ wird negativ, wenn während der fraglichen Pe-e die Verdunstungsmenge grösser ist als die Regenmenge. Wir wer-später noch auf die von Dufour mit dem Siccimeter zu Lausanne nenen Resultate zurückkommen.

Der Verdunstung haben die Meteorologen bisher wenig, offenbar zu g Aufmerksamkeit geschenkt, wir können deshalb hier auch nur elt stehende Beobachtungsresultate anführen, welche Schübler undsätze der Meteorologie, 1831) zusammengestellt hat:

Jährliche Verdunstung nach Pariser Zollen.

| | | | |
|---|---|---|---|
| ...ana | 130 | Würzburg | 25,4 |
| ...seille | 85 | Tübingen | 23,9 |
| ...m | 73,2 | London | 23,8 |
| ...nheim | 68,8 | Breda | 23,2 |
| ...sburg | 60,1 | Rotterdam | 23,0 |
| ...deaux | 59,1 | Breslau | 14,8 |
| ...chester | 41,5 | Tegernsee | 14,7 |
| Rochelle | 26,1 | Salzuflen | 14,5 |

Nach Saigey beträgt die jährliche Verdunstung für Paris 800mm. Collin beträgt sie für

| | | | |
|---|---|---|---|
| ...trijau | 1231mm | Dijon | 667mm |
| ...illau | 848 | Auxerre | 557 |
| ... | 808 | Bar-le-Duc | 531 |

Die Verdunstung vertheilt sich sehr ungleich auf die verschi
Monate des Jahres. Nach Schübler's dreijährigen Beobachtung
trägt die tägliche Verdunstung im Schatten zu Tübingen
schnittlich im

| | | | |
|---|---|---|---|
| Januar . . . | 0,18 Par. Linien | Juli . . . . | 1,67 Par. Li |
| Februar . . . | 0,24 " " | August . . . | 1,33 " |
| März . . . . | 0,67 " " | September . . | 0,98 " |
| April . . . . | 0,97 " " | October . . . | 0,54 " |
| Mai . . . . | 1,16 " " | November . . | 0,23 " |
| Juni . . . . | 1,35 " " | December . . | 0,19 " |

Dass die Luftbewegung auf die Verdunstung von bedeu
Einflusse ist, versteht sich von selbst.

Ist das Erdreich durch Regen völlig durchnässt, so verdun
ihm während der ersten Stunden nach dem Regen oft mehr Wa
von einer freien Wasserfläche, während in den späteren Stunden
dunstung rasch abnimmt.

Einen sehr wesentlichen Einfluss übt die Vegetation auf
dunstung aus. Schübler fand z. B., dass von einer mit Po
dicht bewachsenen Grasfläche während der kräftigsten Vegetation
doppelt, ja dreimal so viel Wasser verdampfte, als von einem d
stehenden Wasserspiegel. Mit eintretender Reife vermindert
Verdunstung.

Sehr instructiv sind die leicht graphisch darstellbaren R
welche Dufour mit Hülfe des Siccimeters erhalten hat. Fig
Tab. 22 stellt die im Jahre 1866, Fig. 2 stellt die im Jahre 1
haltenen Resultate dar. Ein Aufsteigen der Curve bedeutet einen
schuss der Regenmenge, ein Absteigen dagegen einen Uebersch
Verdunstung. So sehen wir z. B., dass schon für die ersten T
December 1865 der Ueberschuss der Regenmenge 4$^{mm}$, dass er
ersten Drittel des Januar 1866 bereits 8$^{mm}$ betrug. Bis zu Anf
Juni 1866 betrug der Ueberschuss der Regenmenge bereits 44
Laufe des Juni 1866 aber betrug der Ueberschuss der Verdampfu

Zu Lausanne betrug der Ueberschuss der Regenmenge
meteorologische Jahr

| | | |
|---|---|---|
| 1865 . . . . . . . . | 85$^{mm}$ | |
| 1866 . . . . . . . . | 690 | Fig. 1 Tab. 22 |
| 1867 . . . . . . . . | 430 | |
| 1868 . . . . . . . . | — 278 | Fig. 2 Tab. 22 |

Im meteorologischen Jahre 1868 (von Anfang December 18
zu Ende November 1868) war also die Verdunstung überwiegend, i
drei vorhergehenden Jahren dagegen die Regenmenge. Im Lauf

Jahren betrug also der Ueberschuss der Regenmenge über die Verpfung $927^{mm}$ oder 491 Pariser Linien.

Gegen diese an den Ufern des Genfer Sees stattfindenden Verstungsverhältnisse bilden die von Schenzl zu Ofen beobachteten n auffallenden Gegensatz. In einer dreijährigen Periode (Anfang i 1863 bis Ende Mai 1866) betrug die zu Ofen beobachtete Gesammtlunstung 2187 Pariser Linien, die gesammte Regenmenge dieser Pele aber nur 567''', also ein Verdunstungsüberschuss von 1620 Pariser ien, eine Erscheinung, welche durch die grosse Trockenheit bedingt welche in einem grossen Theile von Ungarn herrscht.

**Einfluss des Waldes auf die Regenmenge.** Es ist eine 236 fach beobachtete Thatsache, dass sich über ausgebreiteten Waldstrecken ter Wolken bilden als über kahlem Boden, und dass Wolken, welche über Wald und Wiese gebildet haben, über kahlem und ödem Felde der auflösen. Unter Umständen scheint eine üppige Vegetation selbst die Regenmenge von Einfluss zu sein. So gab es in der Mitte des igen Jahrhunderts in Oberägypten noch ziemlich häufig Regen, seit die Bäume auf den Bergen an den Gränzen des Nilthals von den bern umgehauen worden sind, haben die Regen aufgehört und die sen sind verdorrt. Im Gegensatz hierzu regnet es gegenwärtig zu andria in Folge der von Mehmed Ali angelegten grossartigen mwollenpflanzungen 30 bis 40 Tage im Jahre und im Winter oft is 6 Tage hintereinander, während es zur Zeit der Napoleonischen edition vom November 1798 bis Ende August 1799 nur ein einziges und zwar nur $1/2$ Stunde lang geregnet hatte (Pogg. Ann. XXXVIII).

Aehnliche Erscheinungen werden auch aus Europa berichtet. So der District la Bocage in der Vendée bewaldet war, gab es dort er in Ueberfluss, seit den vielen Urbarmachungen aber, welche mit Jahre 1808 begannen, entbehren die Aecker oft die Wohlthat des as und die Brunnen geben zuweilen nur spärlich Wasser.

Dass die Ausrottung der Wälder eine Austrocknung des Bodens Folge hat, ist keine Frage; damit ist aber noch keineswegs bewiesen, die Wälder im Allgemeinen einen namhaften Einfluss auf die Remenge haben. Bis jetzt ist wenigstens eine Verminderung der chnittlichen jährlichen Regenmenge durch Entwaldungen noch für e europäische Station nachgewiesen worden, und an benachbarten ionen, von welchen die eine mitten im Walde, die andere ausserhalb lben in einiger Entfernung von demselben liegt, hat man stets u die gleiche Regenmenge beobachtet. — Die Regenmenge der ausnten Prairieflächen in den Staaten östlich vom Mississippi ist nicht ger als die Regenmenge der bewaldeten Gränzgürtel.

Und trotzdem sind manche sonst blühende Länder durch fortschreie Entwaldung in trostlose Wüsten verwandelt worden, in welchen Trockenheit des Bodens der Cultur die grössten Schwierigkeiten be-

reitet. Im auffallendsten Grade zeigt sich dies fast bei allen Küsten-
ländern des mittelländischen Meeres. Die einst so gepriesenen Cedern
des Libanon sind bis auf wenige alte Exemplare verschwunden, und es
ist unmöglich, dort neue Wälder aufzubringen. Griechenland ist an
vielen Stellen alles Baumwuchses entkleidet; das einst so waldreiche
Dalmatien ist gegenwärtig eine schattenlose Steinwüste. Italien, Sicilien,
Spanien haben durch Entwaldung schwer gelitten.

Die Gegend südlich von Constantine war einst eine fruchtbare
und ihre Ernten nährten damals Rom und Italien. Jetzt ist dem nicht
mehr so, sondern es herrscht dort Dürre. Die Ursache dieses Wechsels
liegt nicht in Veränderungen, welche von der Natur ausgegangen sind,
sondern es ist hier wie vielfach anderwärts der Mensch selbst gewesen,
der sich geschädigt hat. Mit der Eroberung des Landes durch die
Araber im Beginne des achten Jahrhunderts fängt die Verwüstung an.
Mit seinen Hirtengewohnheiten drang dieses Volk in das zuvor ack-
bauende Land. Es verbrannte die Wälder um Weidegründe zu erweitern.
Die Folgen waren Entwässerung und Entfruchtung. Die Eroberung
Algeriens durch die Franzosen hat das Uebel noch vermehrt; sie waren
ungeduldig, von dem Boden lohnende Ernten zu gewinnen und ver-
brannten den Rest der Wälder um ihre Saaten in jungfräulichen Boden
von ausserordentlicher Fruchtbarkeit zu legen. In der Folge wurde der
Regen seltener, er fällt mehr in Wolkenbrüchen, als in wohlthätigen
Schauern, und Wildbäche zerreissen und entführen die Fruchterde.

Auf diese Weise erklärt es sich denn auch leicht, dass die Ent-
waldung das Land entwässert, ohne dass die Regenmenge abnimmt.
Wenn ein Boden, welcher eine starke Neigung hat, mit Pflanzenwuchs
und namentlich mit Wald überdeckt ist, so verschlingen sich die Wurzeln
in einander und bilden ein Netz, welches dem Boden grosse Festigkeit
gewährt; die Zweige mit ihren Blättern schützen den Boden vor dem
Anprall starker Regengüsse, und so hindert die Vegetation zunächst das
Wegschwemmen der fruchtbaren Erde. Ein bewaldeter Boden ist aber
auch im Stande bei starken Regengüssen, bedeutende Wassermassen auf-
zunehmen, welche er bei eingetretener trockner Witterung nur allmählich
an die tieferen Erdschichten abtritt; er bildet auf diese Weise ein grosses
Reservoir, welches auch in trockenen Tagen noch die Quellen reichlich
zu speisen vermag, während von einem der zusammenhängenden Pflanzen-
decke entblössten Boden bei einigermaassen starkem Regen das Wasser
nutzlos in verheerenden Strömen rasch abfliesst.

Die Entwaldung hat also eine Verminderung des Quellenreichthums
und ein Sinken des normalen Wasserstandes der Flüsse zur Folge, wäh-
rend dagegen die Ueberschwemmungen höher steigen und verheerender
werden, als es vordem der Fall war. Ein trauriges Beispiel für diese
Behauptung bietet das südliche Frankreich und namentlich das Rhone-

An den Mündungen der Wolga (Jelinek's Zeitschrift, 5. Bd.) ...
Folge bedeutender Entwaldungen an ihrem oberen und mittleren Fl...

Hochwasser im Frühjahr früher ein als sonst, weil der
ɱ entwaldeten Boden rascher schmilzt, während gleichzeitig
Hochwassers zugenommen hat.

ɦnee. Die Wolken, aus welchen Schneeflocken herabfallen, 237
t aus Dunstbläschen, sondern aus feinen Eiskryställchen,
fortwährende Condensation von Wasserdämpfen während
lens wachsen und durch Aneinanderhängen einzelner Schnee-
ı die Schneeflocken bilden. Sind die unteren Luftschich-
so schmelzen die Schneeflocken, ehe sie den Boden erreichen,
ɪn, während es oben schneit.
ı ruhiger Luft nur spärliche Schneeflöckchen fallen, so
erraschend schöne und regelmässige Kryställchen, welche
n beobachten kann, wenn man sie auf einem dunklen unter
Körper auffängt. Schon Kepler hat auf diese Schnee-

Fig. 332.



Fig. 334.



nerksam gemacht. — Scoresby, welcher auf seinen Polar-
reichlich Gelegenheit hatte, Schneeflocken zu beobachten,
ɪr „Reise auf den Wallfischfang“ die Abbildung von 100
Schneefiguren, welche bei aller Mannigfaltigkeit doch dem-
lsysteme angehören, nämlich dem drei- und einaxigen,
teste Repräsentanten Bergkrystall und Kalkspath sind, und
gsweise durch reguläre sechsseitige Gestalten und deren
harakterisirt ist.
ı Eis, wie es sich auf der Oberfläche ruhiger Gewässer
e diesem Krystallsysteme entsprechende Structur, wie sich
optischen Eigenschaften desselben nachweisen lässt (Lehr-
ıik, 7. Aufl. Bd. I. Seite 872), obgleich sich an demselben
ıe Krystallflächen auffinden lassen.
333 a. f. S. und 334 zeigen einige Schneefiguren, welche ich im
nar und Februar 1855 zu beobachten Gelegenheit hatte. —
Betrachtung findet man bald, dass die Bestandtheile, aus

welchen sich die Schneesternchen zusammensetzen, theils feine nädelchen, theils durchsichtige ganz dünne Eisblättchen sind, welche die Gestalt eines regulären Sechsecks haben. Auf diese durchsid Eisblättchen erscheinen dann häufig gleichsam Verstärkungsrippen gesetzt, welche nicht wenig zur Verschönerung dieser zierlichen Ge beitragen, und welche in dem centralen Theile bald ein regelmä Sechseck, bald einen sechsseitigen Stern bilden, wie man dies gur 333 sieht.

Die Eisnadeln und die aus solchen gebildeten Combinatione man sie in Fig. 332 sieht, beobachtet man in der Regel, wenn di peratur der Luft während des Schneefalls nur wenig unter den (

Fig. 333.



punkt gesunken ist; bei niedrigeren Temperaturen werden die Eisb und die aus ihnen gebildeten Combinationen, wie Fig. 333, häu Unter einer Temperatur von 12° findet wohl kaum mehr ein Sc Statt.

Die bisher betrachteten Schneesternchen, Fig. 332 und Fi sind durchaus flächenhafte Gebilde, da sie senkrecht zur Eb Sternes nur sehr dünn sind. Körperhaftere Gestalten treten au mehrere solcher Schneesternchen den Gesetzen der Zwillingsbild sprechend sich so verbinden, dass ihre Ebenen unter Winkeln sich schneiden, oder auch wenn zwei parallele Schneeblättchen du auf ihrer Ebene senkrechte Säule oder Nadel verbunden sind. G dieser Art sind die beiden unteren in Fig. 334 (a. v. S.). Bei de dieser Figuren sind zwei sechsseitige Eistäfelchen durch eine sech Säule verbunden. Scoresby bezeichnet diese Gestalt als eine äusser vorkommende; ich selbst habe solche Schneekryställchen im Janu beobachtet. Die unterste Combination der Fig. 334, bei weld

..erer Schneestern mit einem kleineren Eistäfelchen durch eine Eis- ..l verbunden ist, sah ich häufig zu Anfang März 1855. Die oberste ..r drei Gestalten, die sechsseitige Pyramide, welche an die ge- ..liche Form des Bergkrystalls erinnert, wurde von Scoresby be- ..htet; diese Form ist aber gleichfalls eine höchst seltene.

Bei stürmischem Schneefall, wenn die Schneeflocken dicht fallen und ..er Luft durcheinander wirbeln, lassen sich die oben besprochenen ..chen Figuren nicht mehr beobachten; die unter solchen Umständen ..nden Schneeflocken bestehen aus unregelmässig zusammenhängenden ..delchen.

Im Februar 1855 fand ich den frisch gefallenen Schnee ungefähr .. weniger dicht als Wasser, so dass also 7 Cubikfuss frisch gefallenen ..ees ungefähr so viel wiegen wie 1 Cubikfuss Wasser.

Die Oberfläche des Schnees zeigt eine rein weisse Farbe; wo aber ..reine Schnee zu etwas grossen Massen angehäuft ist, zeigt sich in ..ungen und Spalten desselben eine schöne blaugrüne Färbung, welche ..ntlich deutlich hervortritt, wenn der Schnee durch theilweise Schmel- .. etwas mit Wasser durchtränkt ist. Es ist dies dieselbe schöne ..ung, welche man in den Spalten und Höhlungen des Gletschereises ..ndert.

Der Graupelregen, welchen man gewöhnlich im März und April ..achtet, entsteht auf ähnliche Art wie der Schnee; die Graupel- ..er bestehen aus ziemlich fest zusammengeballten Eisnädelchen, sie ..gewissermaassen kleine Schneebällchen.

**Der Hagel** unterscheidet sich von den Graupelkörnern dadurch, 238 ..er nicht aus geballten Eisnädelchen, sondern aus dichtem, meist ..hsichtigem Eise besteht.

Die gewöhnliche Grösse der Hagelkörner ist die einer Haselnuss; ..häufig fallen kleinere, sie werden aber als weniger gefährlich nicht ..erlich beachtet; oft sind sie aber auch noch weit grösser und zer- ..ttern dann Alles, was sie treffen. Alte Chroniken erzählen von ..lkörnern, welche so gross gewesen sein sollen wie Elephanten. Ohne ..bei solchen fabelhaften Erzählungen aufzuhalten, wollen wir sogleich ..Aufzählung zuverlässiger Nachrichten übergehen.

Halley erzählt, dass am 9. April 1697 Hagelkörner fielen, welche ..Loth wogen; Robert Taylor hat am 4. Mai 1697 Hagelkörner ge- ..sen, deren Durchmesser 4 Zoll betrug. Montignot sammelte den ..Juli 1753 zu Toul Hagelkörner, welche 3 Zoll Durchmesser hatten. ..ta versichert, dass man unter den Hagelkörnern, welche in der Nacht .. 19. auf den 20. August 1787 die Stadt Como und ihre Umgebungen ..wüsteten, einige gefunden habe, welche 18 Loth wogen. Nach Nögge- ..h fielen während des Hagelwetters vom 7. Mai 1822 zu Bonn Hagel- ..ner, welche 24 bis 26 Loth wogen.

Die Form der Hagelkörner ist sehr verschieden. In der Regel sind

sie abgerundet, manchmal aber auch abgeplattet oder eckig. Mitte der Hagelkörner befindet sich in der Regel ein undurchsi Kern, welcher den Graupelkörnern gleicht; dieser Kern ist mi durchsichtigen Eismasse umgeben, in welcher sich manchmal concentrische Schichten unterscheiden lassen; bisweilen beobacht abwechselnd durchsichtige und undurchsichtige Eisschichten, end man auch schon Hagelkörner mit strahliger Structur beobachtet.

Der Hagel geht gewöhnlich den Gewitterregen voran, ode gleitet sie. Nie, oder wenigstens fast nie, folgt der Hagel auf gen, namentlich wenn der Regen einige Zeit gedauert hat.

Das Hagelwetter dauert meistens nur einige Minuten, selte es $^1/_4$ Stunde lang. Die Menge des Eises, welches in so kurzer Wolken entströmt, ist ungeheuer; die Erde ist manchmal meh hoch damit bedeckt.

Der Hagel fällt häufiger bei Tage als bei Nacht. Die welche ihn bringen, scheinen eine bedeutende Ausdehnung und deutende Tiefe zu haben; denn sie verbreiten in der Regel ei Dunkelheit. Man glaubt bemerkt zu haben, dass sie eine eigent grauröthliche Farbe besitzen, dass an ihrer unteren Gränze gr kenmassen herabhängen und dass ihre Ränder vielfach zerrissen

Die Hagelwolken scheinen meistens sehr niedrig zu schweb Bergbewohner sehen öfter unter sich die Wolken, welche die T Hagel überschütten: ob jedoch die Hagelwolken immer so tie lässt sich nicht mit Sicherheit ausmachen.

Einige Augenblicke vor dem Beginne des Hagelwetters h ein eigenthümliches, rasselndes Geräusch. Endlich ist der H von elektrischen Erscheinungen begleitet.

Um einen Begriff zu geben, wie weit und wie schnell s furchtbare Geissel verbreiten kann, mögen hier einige nähere über das Hagelwetter folgen, welches den 13. Juli 1738 Frankr Holland durchzog.

Das Hagelwetter verbreitete sich gleichzeitig in zwei p Streifen; der östliche Streifen war schmäler, seine grösste Breit 3, seine geringste $^1/_2$ geographische Meilen; der westliche Strei an seiner schmalsten Stelle nahe 2, an seiner breitesten 3 Meil Diese beiden Streifen waren durch einen im Durchschnitt $3^1/_4$ breiten Streifen getrennt, auf welchem es nur regnete.

Die Richtung dieser Streifen ging von Südwest nach Nordo von Amboise nach Mecheln gezogene gerade Linie bildete unge Mitte des östlichen, eine andere von der Mündung des Indre in d bis Gent gezogene bildete ungefähr die Mitte des westlichen Strei

Auf dieser ganzen Länge, welche über 100 Meilen beträgt keine Unterbrechung des Gewitters Statt, und sicheren Angaben kann man annehmen, dass es sich noch 50 Meilen weiter nach Süd 50 Meilen weiter nach Norden erstreckte, so dass seine Totalläng

00 Meilen betrug. Es verbreitete sich mit einer Geschwindigkeit von Meilen in der Stunde von den Pyrenäen, wo es seinen Anfang genom- zu haben scheint, bis zum Baltischen Meere, wo man seine Spur rlor.

Der Hagel fiel nur 7 bis 8 Minuten lang; die Hagelkörner waren eils rund, theils zackig; die schwersten wogen 16 Loth.

Die Zahl der in Frankreich verwüsteten Pfarrdörfer betrug 1039; r Schaden, welchen das Wetter anrichtete, wurde nach officiellen Anben auf 24,690,000 Franken geschätzt.

Was die Erklärung des Hagels betrifft, so bietet sie zwei Schwierigiten; nämlich woher die grosse Kälte kommt, welche das Wasser geeren macht, und dann, wie es möglich ist, dass die Hagelkörner, wenn einmal so gross geworden sind, dass sie eigentlich durch ihr Gewicht rabfallen müssten, noch so lange in der Luft bleiben können, dass sie einer so bedeutenden Masse erwachsen können.

Was die erste Frage betrifft, so meinte Volta, dass die Sonnenstrah an der oberen Gränze der dichten Wolke fast vollständig absorbirt rden, was eine rasche Verdunstung zur Folge haben müsse, nament- wenn die Luft über den Wolken sehr trocken ist; durch diese Verstung solle nun so viel Wärme gebunden werden, dass das Wasser in tieferen Wolkenschichten gefriert. Wenn aber die Verdunstung des Was in den oberen Wolkenschichten durch die Wärme der Sonnenstrahlen ranlasst wird, so ist nicht einzusehen, warum durch die Verdunstung n tieferen Wolkenschichten so viel Wärme entzogen werden soll.

In Beziehung auf die zweite Frage schlug Volta eine Theorie vor, lche grosse Celebrität erlangt hat; er nimmt nämlich an, dass zwei ichtige, mit entgegengesetzter Elektricität geladene Wolkenschichten r einander schweben. Wenn nun die noch sehr kleinen Hagelkörner f die untere Wolke fallen, so werden sie bis zu einer gewissen Tiefe dringen und sich mit einer neuen Eisschicht umgeben; sie werden sich r auch mit der Elektricität der unteren Wolke laden und von dieser ückgestossen, während die obere sie anzieht; sie steigen also trotz r Schwere wieder zur oberen Wolke in die Höhe, wo sich derselbe rgang wiederholt; so fahren sie eine Zeitlang zwischen den beiden lken hin und her, bis sie endlich herabfallen, wenn sie zu schwer wer- n und die Wolken ihre Elektricität verlieren.

Gegen diese Ansicht lässt sich einwenden, dass es schwer denkbar wie die Elektricität ohne eine plötzliche Wirkung, also ohne einen Entungsschlag, so grosse Eismassen in die Höhe zu heben vermag, und s, wenn wirklich die elektrische Ladung der beiden Wolken auch so rk sein sollte, die Elektricität augenblicklich von einer zur anderen rgehen müsste, namentlich da ja die Hagelkörner eine leitende Verdung zwischen ihnen herstellen.

Bereits im Januar 1849 theilte mir Fr. Vogel aus Frankfurt a. M. Ansicht über Hagelbildung mit, die ein, so viel ich weiss, bis dahin

ganz unbeachtet gebliebenes Element zur Erklärung dieses räthselha
Phänomens enthält. Vogel meint nämlich, dass der Bläschenda
welcher die Wolken bildet, ebenfalls weit unter den Schmelzpunkt
Eises erkalten könne, ohne dass ein Erstarren eintritt, wie man das
beim tropfbar flüssigen Wasser beobachtet (Lehrbuch der Physik, 7.
2. Bd. S. 686). Wenn nun aus einer höheren Wolkenschicht Gra
körner durch eine in diesem Zustande befindliche Wolke herabfallen
muss auf ihnen sich Wasser niederschlagen, welches augenblickli
starrt. Der niedrigen Temperatur der Wolke wegen kann auf diese
in ganz kurzer Zeit eine massenhafte Eisbildung stattfinden.

Es ist nun zunächst die Frage, ob es noch andere Phänomene g
welche gleichfalls darauf hindeuten, dass der von Vogel angenom
Zustand der Wolken wirklich existirt, d. h. dass es wirklich Re
wolken gebe, welche weit unter 0° erkaltet sind. (Bei den Sch
wolken sind die Wassertheilchen bereits in den festen Zustand
gegangen; denn diese Wolken bestehen aus feinen in der Luft s
benden Eisnädelchen.)

Ich selbst habe in der That ein solches Phänomen beobachtet
Januar 1845 fiel, nachdem das Thermometer einige Tage lang
dem Gefrierpunkte gestanden hatte, ein Regen, welcher den Boden mit
Eiskruste überzog. Dass diese Erscheinung nicht etwa ein gewöhn
Glatteis war, versteht sich von selbst, denn der Boden war nicht
0° erkaltet, er konnte also nicht die Ursache der Erstarrung sein.
gar Regenschirme, die aus dem warmen Zimmer genommen w
wurden in kurzer Zeit durch diesen Regen mit einer 1/2 Linie d
durchsichtigen Eiskruste überzogen.

Am 13. November 1858 habe ich dieselbe Erscheinung abe
beobachtet.

Diese auffallende Erscheinung, welche ich als eine ganz vere
stehende Thatsache fast vergessen hatte, erhielt nun durch Vo
Mittheilung eine grosse Bedeutung: denn sie liefert den Beweis, das
von Vogel angenommene Zustand der Wolken wirklich vorko
Offenbar bestanden die fallenden Regentropfen aus Wasser, welches u
den Gefrierpunkt erkaltet war, aber erst beim Aufschlagen auf feste
per erstarrte.

Etwas später als Vogel theilte mir C. Nöllner in Hamburg
ganz ähnliche Ansicht über Hagelbildung mit, ohne dass er wohl
Vogel's Theorie, die meines Wissens noch nirgends publicirt wo
war, Kenntniss haben konnte.

Eine schöne Bestätigung der eben vorgetragenen Theorie der Ha
bildung lieferte die am 27. Juli 1850 von Barral und Bixio zu P
unternommene Luftfahrt. — Der Himmel, welcher bis Mittag vollk
men rein gewesen, begann um 1 Uhr, als die Füllung des Ballons be
digt war, sich mit Wolken zu überziehen und alsbald trat Regen e

r bis 3 Uhr in Strömen herabfiel. Erst um 4 Uhr, als der Him-
ch ganz bedeckt war, konnte die Fahrt begonnen werden.
olgendes sind einige Temperaturbeobachtungen, welche in den bei-
en, durch das Barometer bestimmten Höhen beobachtet wurden.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Nr. 1 | . . | 16° C. | . . | 2300 Par. Fuss |
| „ 2 | . . | 9 „ | . . | 6000 „ „ |
| „ 3 | . . | 0,5 „ | . . | 11250 „ „ |
| „ 4 | . . | — 7,0 „ | . . | 15360 „ „ |
| „ 5 | . . | — 10,0 „ | . . | 18990 „ „ |
| „ 6 | . . | — 15,0 „ | . . | 19530 „ „ |
| „ 7 | . . | — 39,0 „ | . . | 21060 „ „ |

urz nach dem Aufsteigen sahen sich die Luftschiffer in einen
Nebel eingehüllt; bei der Beobachtung Nr. 2, also in einer Höhe
gefähr 6000 Fuss, hatten sie bereits eine Wolkenschicht unter
elche Paris verdeckte.
i der Beobachtung Nr. 4, also in einer Höhe von 15360 Fuss,
der Nebel so dicht, dass ihnen die Erde vollständig verschwand.
5 wurde der Nebel etwas dünner, so dass man ein weisses blasses
bild sehen konnte, zugleich fielen äusserst feine Eisnädelchen nie-
rz darauf erhoben sie sich aus der Wolkenschicht, wobei das Ther-
r rasch auf — 23,8° C. fiel. Bei den Beobachtungen Nr. 6 und
ar der Himmel vollkommen heiter.
rral und Bixio durchstiegen also eine Nebelschicht von wenig-
2000 Fuss Höhe. Von einer Höhe von ungefähr 11000 Fuss an
s Thermometer unter den Gefrierpunkt, und doch ging der Nebel
einer Höhe von nahe 18000 Fuss bei einer Temperatur von
in Schneewolken (Eisnädelchen) über, es war also eine ungefähr
uss hohe Wolke vorhanden, in welcher der Bläschendampf unter
rfierpunkt erkaltet war.
Jahre 1862 veröffentlichte Mohr eine neue Hageltheorie,
die Hagelbildung auf das Hereinbrechen kalter Luftmassen aus
heren Luftregionen in tiefere, mit Wasserdampf gesättigte Luft-
m zurückzuführen sucht.
r gleiche Grundgedanke liegt auch einer schon im Jahre 1844
hwaab in Kassel veröffentlichten Hageltheorie zu Grunde.
nen besonderen Werth erhält die als Inauguraldissertation bei
hardt in Kassel erschienene Schwaab'sche Abhandlung durch
sammenstellung der Hagel-Literatur.
ie Grundidee Schwaab's ist folgende: Bei der Hagelbildung
in kalter Luftstrom in die Gewitterregion eindringen, wobei eine
chung der verschieden erwärmten Luftschichten vor sich geht.
rch wird der Wassergehalt derselben condensirt, es bilden sich
locken und Graupeln, welche bei ihrer Fortbewegung vergrössert

(indem auf ihrer Oberfläche beständig Dampf niedergeschlagen wird dann ebenfalls gefriert), zuletzt als Hagelkörner herabfallen.

In eine mit Wasserdampf gesättigte und dadurch gleichsam fü Gewitter vorbereitete Atmosphäre kann nun ein kalter Luftstrom weder dadurch eindringen, dass sich die kalten Luftschichten au oberen Regionen senken, oder dadurch, dass ein eisiger Luftstron der nördlichen Zone heranstürmt. Im ersteren Falle wird sich. Schwaab sagt, die kalte Luft über den mit Wasserdampf gesätt Schichten ausbreiten und nach und nach in denselben einsinken zweiten Falle aber wird der kalte Luftstrom die mit Wasserdamp sättigten Schichten durchbrechen und sich schneller oder langsame ihnen mischen oder auch mehr unter denselben in den tieferen Reg näher der Erde hinströmen.

Ohne weiter in das Detail der Schwaab'schen Entwickelungen zugehen, muss nur noch bemerkt werden, dass er die Wärmem welche bei der Condensation des Wasserdampfes und dem Gefriere in der Luft schwebenden Wassermassen frei wird, für so gering hält, sie bei der Betrachtung vernachlässigt werden könne, eine Behaup welcher ich durchaus nicht beistimmen kann.

Mohr hat seine Hageltheorie im CXVII. Bande von Poggendo Annalen (1862) publicirt. Eine nur oberflächliche Vergleichung Mohr'schen Aufsatzes und der Schwaab'schen Abhandlung reicht um die Ueberzeugung der vollen Originalität der Mohr'schen Arb begründen.

Im Eingang seiner Abhandlung bespricht Mohr kurz die H theorien von Volta, Leopold v. Buch und Vogel und sagt, das den gemeinschaftlichen Fehler haben, die Entstehung der Kälte erk zu wollen, welche das Gefrieren bewirkt. Der Vogel'schen Theorie aber dieser Vorwurf so wenig gemacht werden, wie seiner eig von welcher Mohr sagt: Ich erkläre nicht die Entstehung der I sie ist vorhanden: sie liegt in den oberen Schichten der Atmosp Mit gleichem Rechte kann man von der Vogel-Nöllner'schen Th sagen: sie erklärt nicht die Entstehung der Kälte, sie ist vorhande liegt in den unter 0° erkalteten und doch noch flüssiges Wasser en tenden Wolken. — In dieser Beziehung stehen also die beiden Theo so verschieden sie auch sonst sein mögen, auf völlig gleichem Boden.

Den Ausgangspunkt der Mohr'schen Hageltheorie bildet die T sache, dass in höheren Luftregionen die Temperatur ausserorden schnell abnimmt (so fanden z. B. Barral und Bixio bei einer Luft in einer Höhe von 19 500 Fuss die Temperatur — 15° C., in einer von 21 000 Fuss aber — 39° C.), und dass ferner in einer Höhe von u fähr 18 000 Fuss das Volumen des gesättigten Wasserdampfes 200 00 300 000mal viel grösser ist, als das Volumen einer gleichen Quan flüssigen Wassers. „Es muss also," sagt Mohr weiter, „mit der dichtung von Wasserdampf eine ganz ungeheure Raumverminde

ttfinden, so dass 1 Kubikmeter Wasserdampf nur zwischen 3 bis $3^1/_2$ ıbikcentimeter flüssiges Wasser giebt. Diese Raumverminderung oder cuumbildung ist nun die eigentliche Ursache aller hier auftretenden scheinungen. Das Vacuum kann nur von den Seiten und von ›en ausgefüllt werden, alle diese Schichten sind kälter, stürzen mit ıwegung in den luftverdünnten Raum, bringen dort wegen ihrer Kälte ue Verdichtung und Raumverminderung hervor und sind dadurch die sache, dass wieder neue, noch höhere und kältere Luftschichten herangezogen werden. Je rascher die Verdichtung der Wasserdämpfe durch hineinfallende kalte Luft geschieht, desto mehr muss der Ersatz aus n senkrecht darüber liegenden Schichten genommen werden und desto eniger haben die daneben liegenden Luftschichten Zeit, in s Vacuum nachzurücken. Indem aber die kälteren Luftschichten s dem geringeren Druck der grösseren Höhe in tiefere Schichten der mosphäre angesaugt werden, gerathen sie unter einen höheren Druck d werden nach dem Mariotte'schen Gesetz zusammengedrückt. — es ist der zweite Grund der so ungeheuren Gleichgewichtsstörung, dass ler Raum durch blosse Ortsveränderung eine grosse Einbusse an Volum eidet. Es wird also der über der Verdünnungsstelle gebildete leere oder tverdünnte Trichter grösser sein, als das von ihm in den unteren hichten ausgefüllte Vacuum ist. Zwar wird die herabgezogene kalte ft durch Compression etwas erwärmt, auch hat der verdichtete asserdampf seine latente Wärme abgegeben, aber diese hwachen Wärmewirkungen werden reichlich von der Kälte r oberen Schichten absorbirt, und ihre Wirkung besteht bloss rin, dass der Hagel nicht ganz so kalt ist als die Luft, welche ihn gedet hat.

„Es ist einleuchtend, dass jede Hagelbildung mit Wasserverdichtung fangen muss, denn im Anfang werden die nächsten wenig kalten Luftüchten eingeschlürft und diese werden den Wasserdampf zu abgekühln Wasser verdichten. Indem dies Wasser herunterfällt und in den teren wasserreichen Luftschichten neue Wasserbildung und Raumvernderung erzeugt, werden die kälteren höher liegenden Schichten heranzogen und das bereits gebildete flüssige Wasser zum Gefrieren gescht. — — Was kann geschehen, wenn Wasser bereits flüssig geworn ist und es wird — — — eine Luftschicht von — 35° C. hineingerbelt? Es gefrieren nicht nur die einzelnen Tropfen, sondern es friei eine Menge Tropfen im Augenblick des Erstarrens an einander. — —

„Es bildet sich also in der hagelnden Wolke ein trichterförmiger udel von eiskalter Luft, gefrorenem Wasser und daneben noch flüssin, welches schraubenförmig wirbelnd zur Erde niederbraust. Daher nothwendige Bedingung, dass der eigentliche Hagel nur eine sehr inge Ausdehnung hat und dass der mittelste Theil des Hagelwirbels grössten Schlossen und die grösste Kälte hat."

Bei aller Anerkennung für die lebendige Darstellung, mit welcher

Mohr den Verlauf des Hagelwetters vor den Augen des Lesers vorüberführt, und für die geistreiche Weise, in welcher er durch seine Theorie den Hagel mit den ihn meist begleitenden elektrischen Erscheinungen des Gewitters zu verbinden weiss, kann ich doch nicht umhin, einige Bedenken gegen diese Theorie auszusprechen.

Wenn durch eine massenhafte Condensation von Wasserdampf an irgend einer Stelle der Atmosphäre eine namhafte Luftverdünnung entstanden ist, so ist nicht abzusehen, warum sich die Luft nicht von allen Seiten, warum sie vorzugsweise von oben her in das Vacuum hineinstürzen soll; im Gegentheil wird die verdünnte, durch die bei der Condensation des Wasserdampfes noch mehr ausgedehnte Luft in die Höhe steigen, während die dichtere Luft von unten und von den Seiten her in den verlassenen Raum der aufsteigenden eindringt.

Ein weiteres Bedenken gegen die Mohr'sche wie gegen die Schwaab'sche Theorie dürfte darauf sich gründen, dass die Wärmemenge, welche bei der Condensation des Wasserdampfes in der Atmosphäre frei wird, keineswegs eine so unbedeutende, ohne Weiteres zu vernachlässigende Grösse ist. Bei einer Temperatur von 20° C. kann 1 Kubikmeter Luft 17 Gramm Wasserdampf aufnehmen. Durch die Condensation von 17 Gramm Wasserdampf zu tropfbar flüssigem Wasser werden 17 × 540, also 9180 Wärmeeinheiten frei. Diese Wärme aber reicht hin, um die Temperatur von 1 Kubikmeter Luft von atmosphärischer Dichtigkeit (1293 Gramm) um 30° C. zu erhöhen. Die specifische Wärme der atmosphärischen Luft ist nämlich (die specifische Wärme des Wassers gleich 1 gesetzt) gleich 0.23; damit die obige Luftmasse um 1° erwärmt werde, sind also 1293 × 0.23 oder 298 Wärmeeinheiten nöthig, es werden also 9180 Wärmeeinheiten in derselben eine Temperaturerhöhung von $\frac{9180}{298}$ Graden hervorzubringen im Stande sein. Daraus scheint mir aber zu folgen, dass die Condensation des Wasserdampfes zu flüssigem Wasser und das Erstarren des Wassers zu Hagelkörnern nicht in einem Act rasch auf einander erfolgen können. Das durch Condensation der Dämpfe gebildete Wasser muss sich erst mit der Luft, in welcher es schwebt, allmälig abkühlen, ehe die Eisbildung erfolgen kann.

Sehen wir nun weiter, wie Mohr die Erscheinungen des Hagels und die des Gewitters mit einander verknüpft.

„Nothwendig aus der Theorie geht die schmale Breite des Hagelstriches hervor. Nur der innerste Theil des Hagelstrudels kommt zum Gefrieren. Findet das Durchdringen auf einer grösseren Ausdehnung gleichförmig Statt, so erreicht die Mitteltemperatur nicht den Gefrierpunkt. Ferner geht aus der Theorie hervor, dass das Hagelwetter nicht still stehen kann. Durch Abkühlung und Entwässerung der unteren Luftschichten hören die Bedingungen der Vacuumbildung und damit das Einsaugen kalter Luft auf. Tritt aber das Hagelwetter über neue warme und feuchte Luftschichten, so sind die Bedingungen wieder vorhanden.

Erscheinung kann, wenn sie fortrückt, unbestimmt lange dauern,
ı aber nicht längere Zeit an einem Orte stehend verweilen. Noch
hat man einen Hagel gesehen, der nicht rasch vorüberzog und
ıt schmal war. Aus der Bewegung schöpft das Hagelwetter neue
zum Gehen. Das Gewitter ist die allgemeine Form der stürmi-
Vasserverdichtung, von der der Hagel nur die einzelne ist, bei
die Temperatur bis zum Gefrieren kommt. Die Gewitterbildung
ur in der Ruhe vor sich gehen; ein ausgebrochenes Gewitter kann
ıehr stillstehen, sondern muss sich bewegen. Das Zusammenzie-
Gewitters findet an ruhigen, schwülen Tagen Statt. Der erste
Wolkenschleier verdichtet sich endlich zur vollkommen schwarzen
ısichtigen Gewitterwolke. Treten sich die Wolkenbläschen so
ass sie sich vereinigen und Tropfen bilden, die als Regen her-
len, so kommt die Vacuumbildung in die untersten wärmsten
ler Luft und die Bewegung in der Wolke wird lebhafter. Die
ürzende obere kalte Luft erzeugt den Blitz durch Reibung, und
ein reichlicher Regenerguss, welcher die Ursache des Blitzes und
ine Folge war. Sobald der Regen begonnen hat, wird die Ruhe
ritterwolke gestört. Nichts ist leichter beweglich, als was in der
ıwebend schwimmt. Schon der Schatten der immer dichter wer-
Wolke veranlasst eine kleine Abkühlung und Raumverminde-
er Luft, nach welcher Seite hin die Wolke sich leise bewegt.
len Regen wird dies reichlicher und damit wächst die Bewegung.
ıs Gewitter schöpft aus der Bewegung neue Kräfte dazu, so dass
ıtwickelung Anfangs sehr langsam, dann rascher, immer rascher
rmischer vor sich geht. Ein Gewitter, dessen Zusammenziehung
mel Mohr 7 Stunden lang beobachtete, war nach dem ersten
nd Regenguss in einer halben Stunde bis zu ihm, und nach einer
vollständig vorübergezogen. Ein Gewitter, dessen Bewegungs-
; sich einmal entschieden hat, kann keine Ruhe mehr haben, es
ch dieser Seite fortstürmen. Die Vacuumbildung kann nur mehr
; sein, nämlich an der Seite am stärksten, wo die Luft am feuch-
ınd wärmsten ist, da, wo es noch nicht geregnet hat. Hinter
witter ist die Luft abgekühlt und zum grossen Theil ihres Was-
raubt. Indem das Gewitter unter sich das Vacuum bildet und
ı dasselbe hineintritt, kann es ganze Länder in gerader Linie
hen. Das Gewitter wird nicht vom Sturm gebracht, es macht
ırm und führt ihn mit sich. Vor und nach dem Gewitter ist
lle. Die Gewitter kreuzen sich, vereinigen sich, weil sie in einer
Luft auf eigenen Füssen laufen. Wer mitten im Gewitter steht
herabstürzende Luft- und Wassertrombe empfängt, erkennt ihre
hte Richtung an den Erscheinungen. Die Pappeln beugen ihre
zur Erde, die Wimpel der Schiffe streben stramm am Flaggen-
rnieder, belaubte Bäume erscheinen oben platt gedrückt, dürre
fliegen unter dem Luftstrom vom Boden auf: daher die Abküh-

lung durch die Gewitter. Die obere kalte Luft wird durch das Gewitter in die untere warme hineingetrieben und damit vermengt. Die Mitteltemperatur nach dem Durchpeitschen muss an der Erde gesunken, in den Wolken gestiegen sein. Die Kälte, die wir spüren, ist die der höheren Luftschichten. Die elektrischen Erscheinungen sind zweiten Ranges, blosse Folgen der Reibung der Wolken gegen die hineinstürzende Luft und in Bedeutung unendlich klein gegen die sonstigen mechanischen Effecte des Gewitters. Sie erscheinen dem Menschen fürchterlicher wegen ihres Eindrucks auf die Sinne.“

Wenn auch die Vogel-Nöllner'sche Ansicht von der Hagelbildung noch keineswegs eine vollendete Theorie genannt werden kann, indem sie über manche die Hagelwetter begleitende Erscheinungen keine Rechenschaft giebt, so glaube ich doch, dass sie eine Grundlage bietet, welche beim Aufbau einer Hageltheorie nicht unberücksichtigt bleiben darf.

Im zweiten Bande meines Lehrbuchs der Physik (7. Auflage, S. 6?7) ist angeführt worden, dass Dufour in Lausanne die Beobachtung gemacht hat, die Wasserkugeln, welche in einer entsprechenden Mischung von Chloroform und Mandelöl schweben, auf — 8 bis — 10°, kleinere Kügelchen selbst auf — 20° C. erkaltet werden können, ohne zu gefrieren. Diese Beobachtung führte Dufour auf die Idee, dass auch der in der Luft schwebende Bläschendampf oder die kleinen Wasserkügelchen, welche in der Luft schwebend die Wolken bilden, sich in einem ähnlichen Zustande befinden könnten und dass hierin der Grund zur Erklärung des Hagels zu suchen sei. (Archives des sciences de la bibliothèque universelle de Genève, Avril 1861.) Im Maiheft derselben Zeitschrift aber verzichtet Dufour auf die Priorität dieses Gedankens zu Gunsten De la Rive's, welcher in dem im Jahre 1856 erschienenen 3. Bande seines Traité d'électricité pag. 178 die Entstehung des Hagels auf denselben Entstehungsgrund zurückführt.

Wenn auch, wie wohl nicht bezweifelt werden kann, Dufour sowohl wie De la Rive die von Vogel und Nöllner gegebene Erklärung der Hagelbildung vollkommen unbekannt geblieben ist, wenn sie auch vollkommen selbstständig diesen Erklärungsgrund aufgefunden haben, so muss ich die Priorität des Gedankens doch für die Herren Vogel und Nöllner in Anspruch nehmen, welche ihn 9 Jahre früher ausgesprochen haben. Es ist dies ein in der Geschichte der Wissenschaft öfters vorkommender Fall, dass verschiedene Gelehrte vollkommen unabhängig von einander und zwar oft auf ganz verschiedenen Wegen zur Auffindung derselben Wahrheit gelangen.

# VIERTES BUCH.

DIE

# EKTRISCHEN UND MAGNETISCHEN ERSCHEINUNGEN

AUF DER

# ERDOBERFLÄCHE.

Erstes Capitel.

# Atmosphärische Elektricität.

---

**Entdeckung der atmosphärischen Elektricität.** Otto **239** Guerike, der berühmte Erfinder der Luftpumpe, war der Erste, her eine elektrische Lichterscheinung beobachtete. Als später, 1708, ll einem grossen geriebenen Harzcylinder kräftige elektrische Funken ›ckte, kam er alsbald auf den glücklichen Gedanken, denselben mit Blitze zu vergleichen. „Dieser Funken und dieses Knacken," sagt ll in seiner Abhandlung (Philosoph. Transactions), „scheinen gewisaassen den Blitz und den Donner darzustellen." Die Analogie war raschend; um aber ihre Wahrheit darzuthun, um in einer so kleinen heinung die Ursache und die Gesetze von einer der grossartigsten rerscheinungen zu erkennen, bedurfte es directer experimenteller eise.

Die Aehnlichkeit zwischen dem elektrischen Funken und dem Blitze noch deutlicher hervor, als die Entdeckung der Leidner Flasche und elektrischen Batterie gemacht worden war; Franklin war jedoch Erste, welcher daran dachte, das von ihm aufgefundene Ausströmen Einsaugen der Elektricität durch Spitzen zu benutzen, um unmitır die elektrische Natur der Gewitterwolken nachzuweisen und sich h solche Spitzen vor den Entladungen derselben zu schützen. Da as Mangel an Hülfsmitteln die entsprechenden Versuche nicht selbst ellen konnte, so munterte er die Physiker Europas auf, dieselben zu ›lgen. Der Erste, welcher dieser Aufforderung Folge leistete, war ibard, ein französischer Physiker, welcher zu Marly-la-Ville eine e bauen liess, über welcher eine am unteren Ende isolirte Eisenstange 40 Fuss Länge aufgerichtet wurde. Als am 10. Mai 1752 eine Geerwolke über die Stange hinwegzog, liessen sich aus dem isolirten e derselben Funken ziehen, und überhaupt zeigte es alle Erscheinunwelche man am Conductor der Elektrisirmaschine beobachtet.

Unterdessen hatte aber auch Franklin selbst seine Idee weite
folgt. Mit Ungeduld erwartete er die Vollendung eines Glockenth
welcher damals zu Philadelphia aufgeführt werden sollte; endlich
des Wartens müde, nahm er zu einem anderen Mittel seine Zuflucht
ches noch sicherere Resultate geben musste. Da es ja nur darauf
einen Leiter hoch genug in die Luft zu erheben, so dachte Fra
dass ein Drache, ein Spielwerk der Kinder, ihm eben so gut
könnte, wie der höchste Thurm. Er verfertigte also einen Drach
welchem er statt des Papiers, welches vom Regen aufgeweicht un
leicht vom Winde zerrissen worden wäre, ein grosses seidenes Tu
wendete. Am oberen Ende des verticalen Stabes im Drachen be
er eine eiserne Spitze, welche mit der Schnur in leitende Verbindu
bracht wurde, an welcher man die ganze Vorrichtung steigen lies

Mit diesem Drachen begab sich Franklin, nur von seinem
begleitet, ins Freie, als ein Gewitter aufstieg. Eine Wolke, welc
versprach, zog über dem Drachen hin, ohne irgend eine Wirku
vorgebracht zu haben; andere zogen vorüber, und es zeigte si
Funken, kein Zeichen von Elektricität, ohne Zweifel, weil die Sch
zu schlechter Leiter der Elektricität war; endlich, nachdem sie
den Regen feucht und in Folge dessen besser leitend geworden w
gen die Fasern am unteren isolirten Ende der Schnur an, sich a
len, und es liess sich ein schwaches Geräusch hören. Dadurch er
hielt Franklin den Finger gegen das Ende der Schnur, und
ein Funken sprang über, welchem bald mehrere folgten.

Franklin hatte diesen Versuch im Juni 1752 angestellt.
Franklin's ersten Gedanken geleitet, war auch De Romas
auf die Idee gekommen, einen Drachen statt der hochgestellten
anzuwenden.

Ohne von Franklin's Resultaten Kunde zu haben, erhielt
seinem Drachen im Juni 1753 sehr kräftige Zeichen von Elek
weil er den glücklichen Gedanken hatte, in die Schnur ihrer
Länge nach einen feinen Metalldraht einflechten zu lassen. (M
Savans étrangers. Tome II.) Im Jahre 1757 wiederholte De
seine Versuche und erhielt Funken von überraschender Grösse.
denke sich," sagt er, „Feuerstreifen von 9 bis 10 Fuss Länge und
Dicke, von einem Krachen begleitet, welches eben so stark, ja
ist, als ein Pistolenschuss. In weniger als einer Stunde erhielt i
nigstens 30 solcher Funken, tausend andere nicht zu zählen, w
und weniger Fuss lang waren." (Mém. des Savans étrangers, To

Um das untere Ende der leitenden Schnur gehörig zu isoliren
De Romas eine seidene Schnur von 8 bis 10 Fuss Länge daran:
Funken, wie es Franklin gethan hatte und was ihm leicht hätte
lich werden können, mit der Hand auszuziehen, wandte er zu
Zweck einen eigenen Funkenzieher, d. h. einen metallischen
an, welcher mit dem Boden in leitender Verbindung stand. Trotz

…er Vorsichtsmaassregeln aber wurde er einmal durch einen Schlag, … ihn selbst traf, zu Boden geworfen.

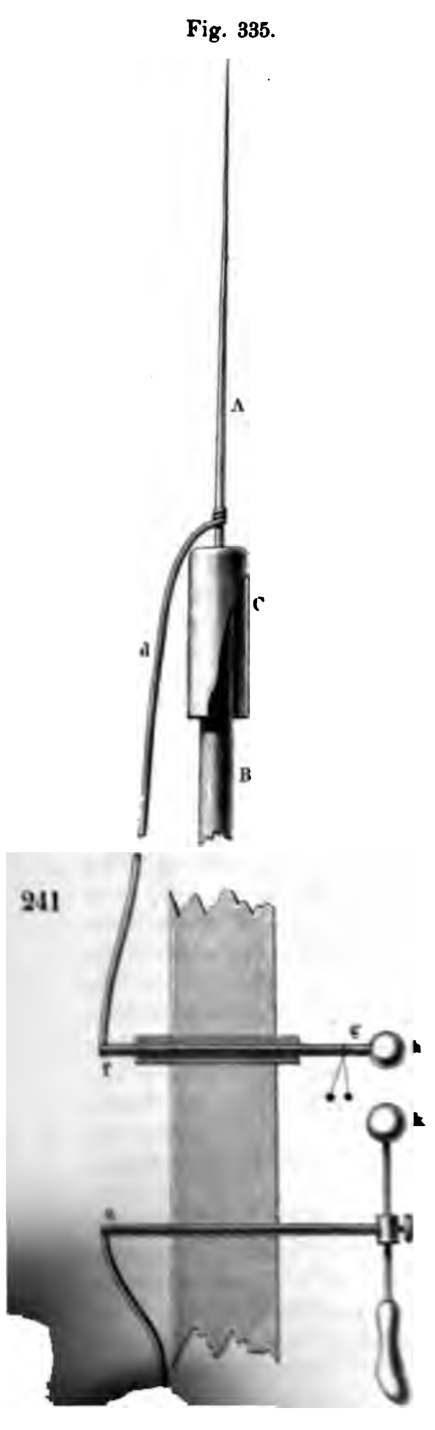
**Feste Sammelapparate für atmosphärische Elektrici-** 240 **…t.** Durch diese Versuche war nun die Identität des Blitzes und der …ktrischen Funken vollständig nachgewiesen; sie wurden vielfach, zum …il in höchst unvorsichtiger Weise wiederholt, indem man zum An…meln der atmosphärischen Elektricität theils den elektrischen Dra…n oder, weil seine Anwendung doch mit mannigfachen Schwierigkei…t. und Umständlichkeiten verbunden ist, eiserne Spitzen auf isolirenden …sernen Stangen befestigt anwandte, von denen man die Elektricität …ch isolirte Leitungsdrähte bis zum Beobachtungsorte führte.

Im grossartigsten Maassstabe führte Crosse zu Broomfield bei Taun…n einen solchen Sammelapparat aus. Auf einigen der höchsten Bäume …es Parkes wurden Stangen befestigt, welche die wohl isolirten oberen …den der Leitungsdrähte trugen; alle diese Leitungsdrähte liefen auf … Spitze eines in dem Boden befestigten Mastes zusammen, von wo … ebenfalls wohl isolirter starker Kupferdraht in das Beobachtungszim…r hineingeleitet war, der in einem grossen, gut isolirten messinge…n Conductor endete; diesem Conductor gegenüber stand ein Funken…ber, welcher zu einem benachbarten Teiche abgeleitet war und dessen …singene Kugel mittelst einer Schraube dem ersten Conductor nach Be…ben näher oder ferner gebracht werden konnte. Durch einen mit einem …sernen Handgriffe versehenen Hebel konnte man die Elektricität schon …erhalb des Beobachtungsraumes in den Boden ableiten, wenn die Ent…ungen zu stark wurden oder wenn überhaupt die Beobachtungen ein…tellt werden sollten.

Solche feste Sammelapparate lassen sich nun auch in kleinerem …assstabe und mit geringeren Kosten ausführen. Fig. 335 (a. f. S.) …llt eine solche Vorrichtung dar; eine eiserne oder messingene, oben …espitzte Stange $A$ von 2 bis 3 Fuss Länge ist auf dem oberen Ende …er 20 bis 30 Fuss hohen hölzernen Stange $B$ angebracht, welche selbst … dem höchsten Gipfel des Beobachtungsgebäudes befestigt ist. Es … gut, wenn das Gebäude, auf welchem man die Saugspitzen aufrichtet, …glichst frei steht oder wenigstens etwas über die benachbarten Häuser …vorragt. Damit die Saugspitze $A$ durch die Stange $B$ gehörig iso…t sei, ist dieselbe mit einem Hut $C$ von Kupferblech oder von Gutta…rcha versehen, welcher ungefähr 3 Zoll im Durchmesser halten und … Fuss lang sein mag; durch diesen Hut wird das obere Ende der Stange selbst bei Regenwetter trocken erhalten.

Von der Saugspitze $A$ ist nun ein Kupferdraht $d$ (am besten ein …it Guttapercha überzogener) herabgeleitet und an einem messingenen …äbchen $fg$ (Fig. 335) befestigt, welches, in eine isolirende Glasröhre …ngekittet, die von oben herabkommende Elektricität durch die Wand …s Beobachtungszimmers hindurch zu der ungefähr zweizölligen Kugel $h$

Fig. 335.




führt. Der besseren Isolirung w
kann auch die Glasröhre wenig
an ihrem äusseren Ende durch
Kappe von Guttapercha verschl
sein. Dieser Kugel *h* gegen
welche hier die Rolle des ersten
ductors spielt, befindet sich eine
messingene Kugel *k*, welche als
kenzieher dienend zum Boden
leitet ist, wie man in der Figur
kann. Diese zweite Kugel kann
Belieben höher oder tiefer gestel
so ihr Abstand von *h* regulirt w
Um den Apparat ausser Wirks
zu setzen, hat man nur zwisc
und *n* auf irgend eine zweckm
Weise eine leitende Verbindung
zustellen.

Wenn die Luftelektricität
gewissen Grad von Stärke er
hat, so divergiren die bei *g* ange
ten elektrischen Pendel; wird sie
stärker, so schlagen zwischen *h*
*k* Funken über, und man kann
dann an der Kugel *h* eine L
Flasche oder eine ganze Batter
den, wie an dem Conductor
Elektrisirmaschine.

**Beobachtung schwa Luftelektricität.** Es ist in
vorigen Paragraphen nur von
Elektricität der Gewitterwolken
von den elektrischen Erscheinu
die Rede gewesen, welche man an
Conductor der Sammelapparate
rend eines Gewitters beobachtet. B
man aber mit dem Sammelapp
hinlänglich empfindliche Elektros
in Verbindung, so zeigen diese
immer, selbst bei ganz heiterem
mel, bald mehr bald weniger st
elektrische Ladungen.

Volta wandte zur Messung
atmosphärischen Elektricität das

truirte Strohhalmelektrometer an, welches zwar weniger
;h als das Goldblattelektrometer, aber mit einem Gradbogen
mehr für Messungen geeignet ist.

1 die Ladung eines solchen Elektrometers so stark, dass die
ber 30° divergiren, so strömt die Elektricität leicht aus; zur
stärkerer Elektricität ist deshalb ein zweites ähnlich construir-
rometer nöthig, dessen Pendel statt aus Strohhalmen aus dün-
stäbchen bestehen. Volta construirte ein solches, welches
' Divergenz gab, während bei gleicher Ladung sein Strohhalm-
ter bis zu 5° divergirte. Eine Divergenz von 25° am Holz-
ektrometer entsprach also 125 Graden des Strohhalm-Elektro-

er wurden auch das Bohnenberger'sche Säulenelektroskop
Ioulomb'sche Drehwage zur Untersuchung der Luftelektricität
et, in neuerer Zeit dient aber zu diesem Zwecke vorzugsweise
nann'sche Elektrometer und einige andere nach dem Princip
wage construirte Apparate. In Betreff der näheren Beschrei-
ser Instrumente, ihrer Anwendung und Graduirung, muss ich
itsprechenden Aufsätze von Romershausen, Dellmann und
verweisen, welche sich in Poggendorff's Annalen und zwar
inden LXIX, Seite 71, LXXXVIII, Seite 571, LXXXVI, Seite
XIX, Seite 258, LXXXV, Seite 494, und in Lamont's „Be-
g der an der Münchener Sternwarte verwendeten neuen In-
und Apparate, München 1851," Seite 53, finden.

das Elektrometer unmittelbar mit der Saugvorrichtung in Ver-
zu bringen, verfuhr Volta öfters auch so, dass er eine kleine
ge Leidner Flasche von 10 bis 12 Quadratzoll äusserer Be-
it einer Saugvorrichtung in Verbindung brachte und dann die
ler kleinen Flasche an einem Elektrometer prüfte. Fig. 336
erläutert das ganze Verfahren, welches Volta anwandte, um
ılein im Freien durch die Luftelektricität zu laden. Der Be-
hält dasselbe in der rechten Hand, in der Linken aber einen
ck, auf welchen mittelst einer Hülse von Messingblech ein
aufgesetzt wird; auf diesen Glasstab wird dann wieder eine
e Kappe aufgesetzt, in welche ein in eine Spitze auslaufender
t aufgeschraubt ist. Auf das obere Ende dieses stählernen Lei-
F wird nun mit Hülfe von dünnem Eisendraht ein Schwefel-
gebunden und ferner bei $E$ ein dünner Metalldraht $H$ befestigt,
inten mit einer Schleife endet. Das Messingstäbchen, welches
Hals der Flasche gehend zur inneren Belegung führt, ist oben
einer Kugel mit einem Haken versehen, welcher in jene Schleife
t wird.

Flamme des an seinem obersten Ende angezündeten Schwefel-
rkt ganz wie feine Spitzen, sie saugt die Luftelektricität gleich-

sam ein, welche dann durch den Draht $H$ der kleinen Leidner I
zugeführt wird.

Mit der in Fig. 336 abgebildeten Saugvorrichtung lässt sich

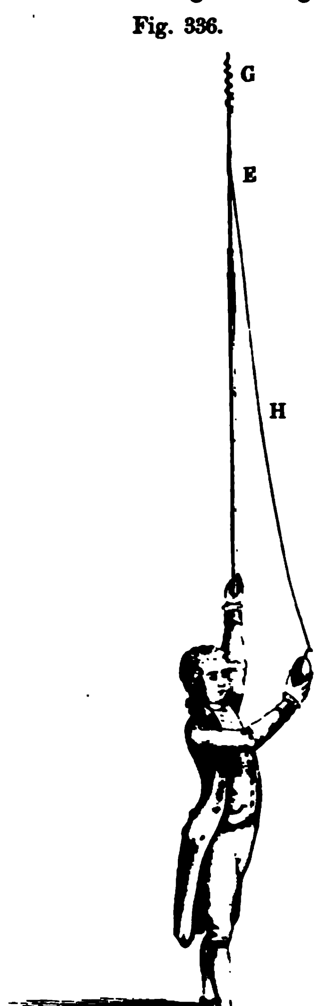


Fig. 336.

lich das Strohhalmelektromete
unmittelbar laden, wenn man d
statt der Flasche in der rechte
haltend, in die Schleife des I
$H$ einhängt. Zu diesem Zweck
dann das isolirte Messingst
an welchem die Strohhalmpend
gen, oben hakenförmig geboge

Um im Zimmer die Luftel
tät zu untersuchen, brauchte n
den Stock der eben beschri
Vorrichtung mit seiner Stal
und dem brennenden Schwei
zum geöffneten Fenster hinaus
ten und im Uebrigen zu ve
wie oben erwähnt wurde. I
ches Verfahren ist aber mühsa

Um diese Unbequemlichk
vermeiden, steckte Volta du
geöffnete Fenster eine etwa I
lange hölzerne Stange hinaus
unteres Ende durch isolirende
gehalten wurde und an deren
Ende eine kleine Laterne vo
befestigt war, in welcher eine
Kerze brannte. Von dieser
ist dann ein Metalldraht gehö
lirt durchs Fenster herein
mit dessen unterem Ende n
Elektrometer in Verbindung I
kann.

Fig. 337 zeigt eine von R
hausen construirte Vorrichtu
Aufsaugen der Luftelektricit
ist das Dach des Hauses, $F$ d
ster des Beobachtungszimmer
ungefähr 10 bis 12 Fuss lange Stange von lackirtem Tannenhol
unten bei $m$ in einem eisernen Schuh und trägt an ihrem obere
eine Messinghülse $i$, in welche ein mit Schellack überzogener, 1
langer Glasstab eingekittet ist. Dieser trägt dann die Saugvorrichtu

Zu mehrerer Deutlichkeit ist diese Saugvorrichtung in Fig.
grösserem Maassstabe dargestellt. Im Inneren eines 5 Zoll im

er haltenden flachen Kupferringes sind die kupfernen, galvanisch
ɔldeten und nach oben fein zugespitzten Auffangsdrähte $dd$ ange-

Fig. 337.

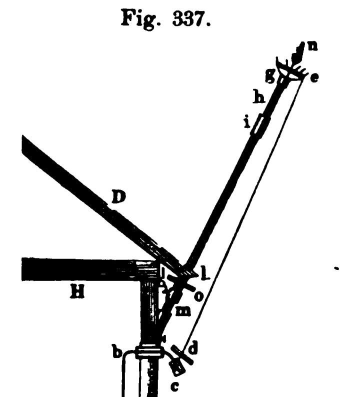
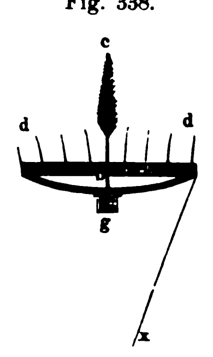


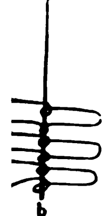

Fig. 338.




löthet. Ein im Durchmesser dieses Ringes angebrachter Kupferbügel trägt unterhalb die Hülse $g$ zur Befestigung auf der Glasstange $h$ und oberhalb ist eine höhere Drahtspitze $bc$ eingelöthet.

Dieser oben fein zugespitzte und vergoldete, etwa 1‴ dicke Kupferdraht ist ringsum mit feinen haarförmigen Platinspitzen umgeben, und wird am leichtesten auf folgende Weise verfertigt: Die untere Hälfte des es wird mit Zinnloth überzogen und alsdann, wie Fig. 339 verəht, mit dem feinsten Platindraht umwunden und die Windungen über einer Spirituslampe angeschmolzen; die Schleifen werden alsdann aufgeschnitten und die Drahtspitzen zu einem Busch geordnet, wie es die vorige Figur zeigt.

Fig. 339.




Der kupferne Leitungsdraht $de$, Fig. 337, wird bei $e$ an den Kupferring angelöthet; bei $d$ erhält derselbe ein kleines Dach von Blech, welches den Regen abführt (ein gleiches ist bei $o$ an der Stange angebracht). Bei $c$ wird der von oben kommende Leitungsdraht mit dem in das Zimmer führenden am bequemsten mit einer Klemmschraube verbunden; bei $b$ geht dieser letztere Draht durch eine Glasröhre, in welche er mit Schellack kittet ist, vermöge deren er gehörig isolirt durch ein Loch des rrahmens in das Zimmer eintritt. Der Draht $ba$ geht dann her- ı dem seitwärts vom Fenster aufgestellten und vor der unmittel- Einwirkung der Sonnenstrahlen geschützten Elektrometer $E$.

Nehmen wir nun an, dass die Luft über der Spitze des Saugapparates wirklich elektrisch sei, so wird ihre Elektricität vertheilend auf das ganze isolirte System wirken, dessen unteres Ende durch die Pendel des Elektrometers gebildet wird; die ungleichnamige Elektricität wird in die Spitze gezogen und strömt hier aus, die gleichnamige wird in die Pendel hinabgetrieben, das Elektrometer wird also mit derselben Elektricität geladen, welche in der Luft vorhanden ist.

Anders verhält es sich bei den neueren Beobachtungsmethoden, welche Lamont, Dellmann, Peltier und Quetelet anwenden. Diese Methode besteht im Wesentlichen darin, dass eine isolirte Kugel an einem erhabenen Ort aufgestellt und daselbst für kurze Zeit mit dem Boden in leitende Verbindung gebracht wird; dabei nimmt die Kugel eine Elektricität an, welche derjenigen gerade entgegengesetzt ist, mit welcher sich unter sonst gleichen Umständen nach der obigen Methode das Elektrometer geladen haben würde. Ist nämlich die Luft elektrisch, so wird sie durch Vertheilung die ihr entgegengesetzte Elektricität in die Kugel ziehen, welche mit dieser Elektricität geladen bleibt, wenn man die leitende Verbindung mit dem Boden wieder aufhebt.

Bei Lamont bildet die fragliche Kugel das obere Ende des Elektrometers. Behufs einer Beobachtung trägt er das Elektrometer auf das flache Dach der Sternwarte, berührt auf kurze Zeit mit dem Finger die Kugel oder noch besser die metallene Röhre, auf welcher sie sitzt, und trägt dann das Elektrometer wieder in das Zimmer herab, wo die Ablesung derselben vorgenommen wird.

Dellmann lässt das Elektrometer stets im Zimmer stehen. Die bis 6 Zoll im Durchmesser haltende Ladungskugel *n*, Fig. 341, wird von einem Metallstäbchen getragen, welches in einem Fuss von Schellack befestigt ist. Eine Kautschukplatte bildet die Basis dieses Fusses, welcher mit einem Kautschukring umgeben in die obere Hälfte der messingenen ungefähr 10 Zoll langen Hülse *l* eingesetzt wird, wie Fig. 340 in grösserem Maassstabe zeigt.

Am oberen Ende dieser Hülse wird das Stäbchen durch eine gleichfalls mit einem Kautschukringe umgebene Schellackplatte gehalten.

An der Giebelwand des Gebäudes, in welchem sich das Beobachtungszimmer befindet, sind in 2 Meter Abstand von einander zwei eiserne Stangen *a* und *b*, Fig. 340, eingelassen, welche ungefähr 1 Fuss von der Wand entfernt Ringe tragen, durch welche die 22 Fuss lange Stange von Tannenholz hindurchgeht. Auf diese Stange wird nun vom Fenster des Giebels aus die Hülse *l* mit der Sammelkugel aufgesetzt, dann die Stange mittelst eines um eine Rolle geschlungenen Seils gezogen, bis der eiserne Schuh *d*, auf welchem die Stange *s* aufsitzt, den Ring bei *a* anstösst. In dieser Stellung befestigt, ragt nun die Sammelkugel weit über den Giebel des Hauses hinweg. Um sie für kurze Zeit mit dem Boden in leitende Verbindung zu bringen, ist an der Stange ein metallener Hebel angebracht, von welchem ein Messingdraht herab

Anziehen desselben wird der metallene Hebel so weit ge-
er Messingbacken *k* die Kugel *n* berührt. Nachdem die



ı1. Fig 340.




Berührung kurze Zeit gedauert hat und die Kugel geladen ist, lässt man den Draht *h* wieder los, der Hebel fällt durch sein eigenes Gewicht in seine vorige Stellung zurück und nun wird die Stange wieder niedergelassen, die Hülse mit der Sammelkugel abgehoben und in das Zimmer zurückgebracht. Hier wird sie nun neben dem Elektrometer auf den Tisch gestellt, mit demselben durch einen ungefähr 1‴ dicken und 1′ langen sorgfältig isolirten Messingdraht in Verbindung gebracht und endlich der Ausschlag des Elektrometers abgelesen.

**Atmosphärische Elektricität an verschiedenen Localitäten.** 242 Wenn man nach irgend einer der im vorigen Paragraphen angegebenen Methoden verfährt, so erhält man fast immer mehr oder weniger starke elektrische Ladungen, vorausgesetzt, dass sich keinerlei feste Körper gerade über den Saugspitzen oder der Sammelkugel befinden. In einem Zimmer, unter dem höchsten Gewölbe, im Inneren eines Waldes oder überhaupt unter Bäumen wird man nie eine Spur von Elektricität finden. Ist aber das Zenith wirklich frei, so zeigt sich unter sonst gleichen Umständen die atmosphärische Elektricität um so stärker, je weniger hohe Gegenstände sich neben den Saugspitzen oder den Ladungskugeln erheben; in der Ebene, auf freiem Felde erhält man also stärkere Ladungen als in der Sohle eines tief
n Thales oder auf der Strasse zwischen Häusern.
leshalb die Sammelapparate so aufzustellen, dass sie mög-
ən und dass sich in ihrer Nähe keine höheren Gegenstände

ıität der Luftelektricität nimmt zu mit der Erhebung in der
Venn man das Strohhalmelektrometer unmittelbar mit einer
sieht, an derselben einen brennenden Schwefelfaden be-

festigt, und dann den Apparat mit der einen Hand in die Luft hebt, so wird die Divergenz der Pendel nur halb so gross, als wenn man den Versuch in der Fig. 336 angedeuteten Weise anstellt. Es rührt dies nur daher, dass sich im letzteren Falle die Spitze mit dem Schwefelfaden höher über dem Boden befindet als im ersteren. Je länger der in der Hand gehaltene Stab ist, welcher die Spitze trägt, desto stärker fällt die Ladung des Elektrometers oder der kleinen Leidner Flasche aus.

Schübler fand dies auch an einem freistehenden Thurme bestätigt; 30 Fuss über dem Boden und 5 Fuss von der Mauer weggehalten, zeigte das Elektrometer eine Divergenz von 15 Graden, während auf dem höchsten freien Punkte des Thurmes 180 Fuss über der Erdoberfläche die Divergenz auf 64° stieg; ferner fand er dies Gesetz auf einer Reise durch die Alpen bestätigt. Auf den Gipfeln hoher Bergspitzen und auf einzelnen isolirten schroffen Felsspitzen zeigte sich die Luftelektricität weit intensiver, als man sie unter sonst gleichen Umständen in ebenen Gegenden beobachtet.

Während der Luftfahrt, welche Biot und Gay-Lussac am 24. August 1804 unternahmen, machten sie neben anderen physikalischen Beobachtungen auch einige Versuche über Luftelektricität in den höheren Regionen. Sie liessen einen 240 Fuss langen unten mit einer Metallkugel beschwerten Metalldraht isolirt aus der Gondel herab und fanden, dass er an seinem oberen Ende mit — E geladen sei, deren Intensität bei fernerem Steigen zunahm (Gilbert's Annalen Bd. XX. S. 15), und somit bestätigen auch diese Versuche den oben ausgesprochenen Satz.

243 **Die Luftelektricität bei verschiedenem Zustande des Himmels.** Bei heiterem unbewölktem Himmel ist die Luftelektricität stets positiv; d. h. ein mit einem Saugapparat in Verbindung gebrachtes Elektrometer, wie es z. B. Volta anwandte, wird bei heiterem Himmel stets mit positiver Elektricität geladen, während man nach den Methoden von Dellmann und Lamont eine negative Ladung erhält.

Bei heiterem Wetter brachte die Luftelektricität an dem von Schübler in Stuttgart angewandten Strohhalmelektrometer ungefähr eine Divergenz von 12 Graden hervor.

Sehr stark ist die Luftelektricität bei Nebeln, und zwar ist sie während derselben bis auf wenige Ausnahmen positiv, wie bei heiterem Himmel. Nach den Beobachtungen von Schübler bewirkt die positive Elektricität bei Nebeln im Durchschnitt eine Divergenz von 22,7° seines Elektrometers, sie ist also nahe doppelt so gross, als bei heiterem Himmel. Im Allgemeinen wächst die Stärke der atmosphärischen Elektricität mit der Dichtigkeit der Nebel.

Auch der Niederschlag des Thaues ist stets von einer starken Elektricität begleitet.

Fast alle atmosphärischen Niederschläge, wie Regen, Schnee, Hagel zeigen sich bald mehr bald weniger elektrisch, und zwar ist ihre Elek-

ität in der Regel weit stärker als die, welche man bei heiterem Him- sieht. Es zeigt sich hier auch nicht mehr bloss positive Elektrici- sondern abwechselnd positive und negative. So fand Schübler rend zwölf Monaten das meteorische Wasser 71mal positiv und 69mal ativ; der Schnee war jedoch hierbei 24mal positiv und nur 6mal ne- iv.

Am schwächsten zeigt sich die Elektricität des Regens, wenn er an- end und gleichmässig in kleinen Tröpfchen niederfällt.

**Periodische Veränderungen der atmosphärischen Elek- ität.** Wie der Druck, die Wärme und der Feuchtigkeitsgehalt der osphäre fortwährenden Schwankungen unterliegen, so auch die Luft- tricität, und zwar ist auch hier eine Periodicität nicht zu verkennen, n man die Mittelzahlen betrachtet, welche sich aus längere Zeit fort- tzten Beobachtungsreihen ergeben. 244

Der tägliche Gang der Luftelektricität bei heiterem Wetter wird Schübler in folgender Weise beschrieben: Bei Sonnenaufgang ist atmosphärische Elektricität schwach; sie fängt, so wie sich die Sonne r über den Horizont erhebt, langsam zu steigen an, während sich öhnlich gleichzeitig die in den tieferen Luftschichten schwebenden ste vermehren. Gewöhnlich steigt die Elektricität unter diesen Um- den im Sommer bis gegen 6 und 7 Uhr, im Frühling und Herbst gegen 8 und 9 Uhr, im Winter bis gegen 10 und 11 Uhr; die Elek- tät erreicht um diese Zeit ihr Maximum. Gleichzeitig sind die unte- Luftschichten oft sehr dunstig, der Thaupunkt liegt höher als bei nenaufgang; in kälterer Jahreszeit tritt oft wirklicher Nebel ein.

Die Elektricität bleibt gewöhnlich nur kurze Zeit auf diesem Maxi- a stehen; sie vermindert sich wieder, während die dem Auge etwa tbaren Dünste in den unteren Luftschichten verschwinden. Einige den vor Sonnenuntergang, im Sommer gegen 4 bis 5 und 6 Uhr, Winter gegen 3 Uhr, erreicht die atmosphärische Elektricität wieder Minimum, in welchem sie etwas länger verharrt als im Maximum.

Mit Sonnenuntergang nimmt die Luftelektricität wieder rasch zu, rend sich gleichzeitig die Dünste in den unteren Schichten der Atmo- re wieder vermehren, und erreicht $1^1/_2$ bis 2 Stunden nach Sonnen- rgang ihr zweites Maximum.

Ueberhaupt ist die positive Elektricität in den unteren Luftschich- um so stärker, in je grösserer Menge sich Wasserdünste dem Auge tbar niederschlagen; am stärksten ist sie daher in der kalten reszeit, wo Dünste und Nebel oft lange die unteren Luftschichten llen, am schwächsten in den heisseren Sommermonaten, wo weit seltener der Fall ist, und wo die unteren Luftschichten gewöhn- eine grössere Klarheit und Durchsichtigkeit besitzen.

Die folgende Tabelle enthält die Resultate zweijähriger Beobachtun- , welche Schübler bei heiterem oder nur wenig bewölktem

Himmel anstellte. Er sammelte die Elektricität in einer kleinen L
Flasche und maass dieselbe an einem mit einem Condensator vers
Strohhalmelektrometer.

| In den Monaten: | Mittlere Stärke der Elektricität. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1tes Min. kurz vor ⊙Aufgang. | 1tes Max. einige Stunden nach ⊙Aufgang. | 2tes Min. einige Stunden vor ⊙Untergang. | 2tes Max. einige Stunden nach ⊙Untergang. | Mi St |
| Januar . . | 14,7 | 33,0 | 19,1 | 51,8 | 2 |
| Februar . . | 7,5 | 25,5 | 16,3 | 24,5 | 1 |
| März . . . | 5,3 | 13,0 | 6,4 | 14,0 | [illegible] |
| April . . . | 4,0 | 14,7 | 4,7 | 7,6 | [illegible] |
| Mai . . . . | 4,1 | 13,0 | 4,3 | 10,3 | [illegible] |
| Juni . . . . | 4,6 | 12,8 | 3,9 | 12,0 | [illegible] |
| Juli . . . . | 4,8 | 13,5 | 4,5 | 14,4 | [illegible] |
| August . . | 5,8 | 15,9 | 5,4 | 16,1 | 1 |
| September . | 5,5 | 15,4 | 5,0 | 15,6 | 1 |
| October . . | 7,2 | 15,3 | 6,3 | 19,7 | 1 |
| November . | 5,5 | 14,4 | 8,2 | 17,4 | 1 |
| December . | 12,4 | 18,8 | 12,8 | 20,7 | 1 |
| Mittel . . . | 6,9 | 16,9 | 8,1 | 17,0 | 1 |

Durch lebhafte Winde, welche eine periodische Ansammlung
Dünsten verhindern, werden die täglichen Perioden der Luftelektri
sehr verwischt.

Die Elektricität der Wolken und der aus ihnen erfolgenden w
rigen Niederschläge zeigt einen merkwürdigen Gegensatz zur Elektri
der unteren Luftschichten.

Der Regen ist nämlich in den Sommermonaten ungl
stärker elektrisch, als in der kälteren Jahreszeit. Die El
cität des Regens im Monat Juli ist im Durchschnitt nahe 10mal so
als die Elektricität der Niederschläge im Januar.

Diese Resultate, welche Schübler und andere ältere Physiker
ihren Beobachtungen gezogen haben, werden in ihren wesentlichen P
ten auch durch die neueren Beobachtungen bestätigt, von denen sehr
wünschen ist, dass sie nicht allein an den Orten fortgesetzt werden,
welchen sie bereits begonnen wurden, sondern dass auch nach dem

Plane mit vergleichbaren Instrumenten auch an anderen Orten fortende Beobachtungen über diesen für die Meteorologie so wichtigen enstand angestellt werden.

## Elektrische Erscheinungen auf der Cheopspyramide. 245

lem CIX. Bande von Poggendorff's Annalen beschreibt Siemens ewöhnlich starke elektrische Erscheinungen, welche er auf der Cheopsmide bei Cairo während des Wehens des Chamsin beobachtet hat.

Am 14. April 1859 verliess er Morgens früh Cairo bei heiterem mel; nur eine leichte blassrothe Färbung am südwestlichen Horizont ruhigte seinen Eseltreiber. Als die Gesellschaft gegen 10 Uhr Mor- den Gipfel der Pyramide erreicht hatte, war die Trübung des südlichen Horizonts in eine fast bis zum Zenith ausgedehnte farblose ung übergegangen. Der aufgewirbelte Wüstenstaub, welcher die ne bereits mit einem undurchsichtigen gelben Schleier bedeckte, stieg llig höher und höher an der Pyramide empor. Als er auch die sten Stufen derselben erreicht hatte, vernahm man ein sausendes usch. Als Siemens auf den höchsten Punkt der Pyramide stieg und Zeigefinger in die Höhe hielt, liess sich ein eigenthümlich zischender hören, wobei ein leises Prickeln der dem Winde entgegengesetzten tfläche des Fingers bemerkbar wurde.

Als Siemens weiter eine gefüllte Weinflasche, deren Kopf mit Stanbekleidet war, emporhielt, hörte er denselben singenden Ton, wie der Aufhebung des Fingers. Während dessen sprangen von der ette fortwährend Funken zu der die Flasche haltenden Hand über, als Siemens den Kopf der Flasche mit der anderen Hand berührte, elt er eine kräftige elektrische Erschütterung, während ein glänzenelektrischer Funke vom Kopf der Flasche in die ihn berührende Hand ging.

Offenbar bildete die Flüssigkeit in der Flasche, welche durch den hten Kork mit der Metallbelegung des Flaschenkopfes in leitender bindung stand, die innere Belegung einer Leydner Flasche, während ette und Hand die abgeleitete äussere vertraten. Als die äussere gung der Flasche durch Umwickelung derselben mit angefeuchtetem ier vervollständigt worden war, gab sie bei einer Schlagweite von so kräftige Schläge, dass ein Araber, welcher Siemens' Hand eren hatte, wie vom Blitze getroffen zu Boden fiel, als Siemens die che der Nase des Arabers genähert hatte. Mit lautem Geheul sprang er alsbald wieder auf, um mit mächtigen Sprüngen zu entfliehen.

Als sich Siemens auf einen aus Flaschen improvisirten Isolirmel von der Steinmasse der Pyramide isolirte, hörte das sausende usch beim Emporheben des ausgestreckten Fingers nach kurzer Zeit

Er konnte jetzt seinen Gefährten durch Näherung der Hand Funertheilen und empfand eine gelinde Erschütterung, als er den Boden hrte. Die Art der Elektricität zu bestimmen ist nicht gelungen.

Die beschriebenen Erscheinungen waren nur an der Spitze der Pyramide wahrnehmbar. Schon einige Stufen tiefer waren sie nur noch schwach und in der Ebene waren gar keine elektrischen Erscheinungen mehr zu entdecken, obgleich der Wind in ungeschwächter Weise fortblies.

Siemens erklärt die Erscheinung in folgender Weise:

„Da die elektrischen Erscheinungen erst dann bemerkbar wurden, als der Wüstenstaub die Spitze der Pyramide erreichte, so muss er auch als der Träger und wahrscheinlich auch als die Ursache der Elektricität betrachtet werden. Nimmt man an, dass die vom Winde gepeitschten Staubtheilchen und Sandkörnchen durch die Reibung mit der trockenen Oberfläche des Bodens elektrisch geworden waren, so musste jedes elektrische Körnchen eine Belegung eines Ansammlungsapparates bilden, dessen andere der Erdkörper selbst war, während die zwischen beiden befindliche Luft das die Belegungen trennende isolirende Medium vertrat. Durch die aufsteigende Bewegung der Sandkörnchen ward nun die isolirende Schicht verstärkt, die Schlagweite aller der kleinen geladenen Flaschen musste mithin zunehmen und in einer Höhe von etwa 500 Fuss über dem Boden beträchtlich grösser sein, als in seiner unmittelbaren Nähe. Der Elektricität der gewaltigen elektrisirten Staubwolke, welche über dem Erdboden lagerte, stand eine gleich grosse Quantität entgegengesetzter Elektricität der Erdoberfläche gegenüber. Die leitende Pyramide musste nun einen sehr bedeutend verdichtenden Einfluss auf die Elektricität der Erdoberfläche ausüben, da sie als kolossale Spitze zu betrachten ist. Es kann daher nicht überraschen, dass der elektrische Unterschied zwischen den auf dem Gipfel befindlichen höchsten und feinsten Spitzen, wie dem aufgehobenen Finger oder Flaschenkopf, und die Staubkörnchen so gross war, dass zahllose kleinere Funken zwischen ihnen übersprangen, während in der Ebene gar keine Elektricität wahrzunehmen war."

**246** **Quelle der Luftelektricität.** Ueber den Ursprung der atmosphärischen Elektricität sind die Gelehrten noch nicht einig.

Längere Zeit hindurch fand Pouillet's Meinung, dass durch Verdampfung und Vegetation Elektricität erzeugt werde und dass hier die Quelle der Luftelektricität zu suchen sei, viele Anhänger. Reich fand zwar die Versuche bestätigt, welche Pouillet angestellt hatte, um darzuthun, dass bei Verdampfung von Salzlösungen Elektricität entwickelt werde, allein er zeigte, dass sich Pouillet über die Quelle dieser Elektricität getäuscht habe, dass nicht die Verdampfung, sondern die Reibung der fein zertheilten Flüssigkeit gegen die Tiegelwand die Ursache der Elektricitätsentwickelung sei. Ueberhaupt erhält man jene elektrischen Ladungen nur dann, wenn die Flüssigkeit siedet. Bei allmähliger Verdampfung konnte Riess nie eine Spur von Elektricität nachweisen, und ebenso konnte Reich durch Verdampfung unter dem Siedepunkte nicht die allergeringste Elektricitätsentwickelung entdecken.

Alle Versuche, welche Reich anstellte, um eine etwaige Elektrici-
ntwickelung durch Condensation von Wasserdämpfen zu entdecken,
n negative Resultate.

Riess wiederholte auch Pouillet's Versuche über die Elektrici-
ntwickelung durch den Vegetationsprocess; er fand zwar Spu-
von Elektricität, aber bald war dieselbe positiv, bald negativ, und
·e Controlversuche, die in gleicher Weise mit unbesäeter Erde an-
sllt wurden, machen es höchst wahrscheinlich, dass jene Spuren nicht
der Vegetation herrühren.

Kurz aus allen Versuchen von Riess und Reich geht hervor, dass
Meinung, als ob Verdampfung und Vegetationsprocess
Ursache der Luftelektricität seien, durchaus nicht ex-
imentell begründet ist. (Siehe meinen Bericht über die neue-
Fortschritte der Physik. Braunschweig 1849. Seite 14.)

So war denn der einzige Anhaltspunkt, den man zur Erklärung der
sphärischen Elektricität glaubte gewonnen zu haben, wieder ver-
.

Eine ganz neue Ansicht über den Ursprung der Elektricität, welche
n diesem Capitel besprochenen Erscheinungen bewirkt, hat der jün-
Peltier zuerst in einem Briefe an Quetelet ausgesprochen, und
r Ansicht stimmt auch Lamont bei, welcher sie in seinem schon
en Aufsatze ungefähr in folgender Weise entwickelt:

Die Erde besitzt eine gewisse Menge negativer Elektrici-
welche sich gleichbleibt, deren Vertheilung aber veränderlich
Diese Elektricität nennt Lamont die permanente Elektricität
Erde, zum Unterschied von der inducirten, die in jedem isolirten
er, er mag permanent elektrisch sein oder nicht, durch einen ge-
rten elektrischen Körper hervorgerufen wird. Die Atmosphäre,
die reine Luft, hat gar keine Elektricität; sie ist unfähig,
Elektricität zu leiten oder zu behalten.

Wäre die Erde eine Kugel mit vollkommen glatter, gleichförmiger
fläche, so würden alle Punkte dieser Oberfläche gleich starke elek-
he Spannungen zeigen. Diese Gleichheit wird aber durch zwei Um-
le gestört, durch die Erhöhungen auf der Erdoberfläche und durch
Dünste, welche in der Atmosphäre schweben.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass das elektrische Fluidum sich
ugsweise in Spitzen und Kanten ansammelt, und dadurch erklärt es
denn leicht, dass auf Hausdächern, Kirchthürmen, Bergspitzen etc.
Elektricität in grösserer Menge angehäuft ist, dass überhaupt die La-
der Sammelapparate um so stärker wird, je höher man sie über den
n erhebt.

Die zweite der oben erwähnten Ursachen, welche eine ungleiche
heilung der Elektricität auf der Erdoberfläche zur Folge haben, ist
in der Atmosphäre befindliche Wasserdampf, und zwar haben
hier zweierlei Fälle zu unterscheiden. Entweder ist die Dunstmasse

mit der Erde in Berührung oder sie ist isolirt. Im erste
tritt dasselbe Verhältniss ein, wie auf einem Berge; die Elektri
lässt denjenigen Theil der Erdoberfläche, der mit der Dunst
Berührung steht, und begiebt sich auf die Oberfläche der Du
Im zweiten Falle muss man in Betracht ziehen, dass jeder Körpe
Elektricität in unbestimmten Mengen enthält, die bei Annäheru
anderen elektrischen Körpers nach den bekannten Gesetzen f
und so kommt es, dass isolirt in der Luft schwebende Wolken d
von der Erde ausgehende vertheilende Wirkung bald positiv, ba
tiv elektrisch werden.

Durch diese Hypothese finden nun alle oben beschriebenen l
erscheinungen an Elektrometern eine ebenso einfache und leicht
rung, wie durch die Annahme, dass die Luft elektrisch sei.

Auf ein mit der Spitze versehenes Elektrometer wirkt bei l
Himmel die negative Erdelektricität in der Weise ver
dass die positive Elektricität des isolirten Systems in die Pende
gezogen, die negative aber in die Spitze getrieben wird, wo
strömt.

In eine Kugel, welche, wie bei der Lamont'schen und Dell
schen Methode mit dem Boden in leitende Verbindung gebrac
muss natürlich negative Elektricität einströmen.

Nimmt man die Beobachtung bei bedecktem Himmel nac
anhaltendem Regen vor, wo die Luft mit Dünsten gesättigt ist,
Wolken mit der Erde in leitender Verbindung stehen, so zeigt d
trometer gar keine Spannung an. In diesem Falle hat sich d
tricität an die obere Gränze der Wolken hinaufgezogen und d
achter befindet sich im Inneren des elektrisirten Körpers, wo i
ebenso wenig wie in einem Zimmer eine elektrische Spannung v
sein kann.

Wenn isolirt von dem Boden elektrische Wolken in der Luf
ben, so werden sie vertheilend auf die Erdoberfläche zurückwirk
negativ elektrische Wolke schwächt die permanente Elektricität
oberfläche, und kann, wenn sie stark genug geladen ist, sogar e
häufung positiver Elektricität an denjenigen Orten der Erdoberf
wirken, über welchen sie gerade schwebt. Eine positiv elektrisch
dagegen wird durch Vertheilung die permanente negative Erdel
verstärken.

So ist denn jedenfalls in der Lamont'schen Hypothese d
elektricität eine Basis zur rationellen Erklärung der in diesem
besprochenen elektrischen Erscheinungen gegeben, und es ist nu
warten, ob weitere Forschungen in diesem Gebiete diese Hypoth
stätigen oder nicht.

**Elektricität der Gewitterwolken.** Wenn man die E
unterzucht, welche sich während eines Gewitters in dem erste

tor *h* des Apparates Fig. 335 Seite 686 oder eines ähnlichen ansam-
lt und zum Funkenzieher überspringt, so findet man, dass es bald po-
ive, bald negative Elektricität ist, dass also die Gewitterwolken bald
t positiver, bald mit negativer Elektricität geladen sind. Crosse be-
reibt die Beobachtungen und Versuche, welche er an seinem Appa-
s während des Verlaufs von Gewittern angestellt hat, ungefähr in fol-
der Weise:

Wenn sich eine Gewitterwolke den Saugspitzen des Sammelappara-
nähert, so divergiren die am ersten Conductor aufgehängten Hollun-
narkspendel entweder mit positiver oder mit negativer Elektricität;
wenn die Gränze der Wolke vertical über den Saugspitzen angelangt
so schlagen langsam Funken zwischen dem ersten Conductor und dem
kenzieher über. Nach einiger Zeit, während welcher etwa 9 bis 10
ken in der Minute überschlagen, folgt eine kurze Pause, auf welche
a das Ueberschlagen der Funken von Neuem beginnt, aber nun mit
tegengesetzter Elektricität, so dass, wenn Anfangs negative Elektrici-
aus dem ersten Conductor hervorbrach, nun eine Reihe positiver Ent-
ngen folgt, was anzeigt, dass zwei entgegengesetzte elektrische Zonen
Wolke über den Beobachtungsort hinweggezogen sind. Auf das
s folgt ein zweites Zonenpaar, welches schon ein häufigeres Ueber-
agen von Funken bewirkt als das erste. So dauert dann der Wech-
ler Elektricitäten eine Zeitlang fort, indem jeder Uebergang in die
tegengesetzte Elektricität durch eine kurze Pause markirt wird; aber
ier rascher schlagen die Funken über, bis sie endlich einen regel-
sigen Feuerstrom bilden. wenn die Mitte der Gewitterwolke im Ze-
steht und das Gewitter in seiner vollen Heftigkeit wüthet. Crosse
and während eines Gewitters mit dem ersten Conductor seiner Vor-
tung eine elektrische Batterie von 75 Quadratfuss innerer Belegung.
voller Ladung konnte mit dieser Batterie ein 30 Fuss langer Eisen-
rt von $^1/_{270}$ Zoll Durchmesser geschmolzen werden. Um die Batterie
chonen, näherte Crosse eine mit der äusseren Belegung in Verbin-
g stehende Messingkugel der Kugel der inneren Belegung so weit,
eine Selbstentladung erfolgte, wenn die Batterie ungefähr $^3/_4$ ihrer
m Ladung enthielt. Unter diesen Umständen fand ein fast con-
irlicher Strom von Entladungen Statt, wenn gerade die Mitte der Ge-
erwolke über dem Beobachtungslocale hinzog.

Der Wechsel der Elektricitäten dauert fort, während die zweite
te der Wolke vorüberzieht; allmälig aber nimmt die Intensität ab,
sie vorher zugenommen hatte.

Eine Gewitterwolke ist also nicht ihrer ganzen Ausdehnung nach
derselben Elektricität geladen, sondern sie besteht aus Zonen, welche
echselnd mit entgegengesetzten Elektricitäten geladen sind, und zwar
diese Ladung für die Mitte der Wolke am stärksten und nimmt dann
den Gränzen hin ab.

248 **Die Blitzableiter.** Franklin's praktischer Geist wandte bald seine an elektrischen Drachen gemachten Erfahrungen auf die ( struction der Blitzableiter an. Im Wesentlichen bestehen dieselben einer zugespitzten Metallstange, welche in die Luft hineinragt, und ei guten Leiter, welcher die Stange mit dem Boden verbindet. Folge Bedingungen müssen erfüllt sein, wenn sie ihrem Zweck entspre sollen:

1. die Stange muss in eine feine Spitze zulaufen;

2. die Verbindung mit dem Boden muss vollkommen leitend s von der Spitze bis zum unteren Ende der Leitung darf keine Un brechung stattfinden.

Wenn eine Gewitterwolke über dem Blitzableiter schwebt, so den die verbundenen Elektricitäten des Stabes und der Leitung zer diejenige Elektricität wird abgestossen, welche mit der Wolke gl namig ist, und sie kann sich frei im Boden verbreiten, die entge gesetzte Elektricität aber wird nach der Spitze gezogen, wo sie fr die Luft ausströmen kann; auf diese Weise ist keine Anhäufung Elektricität im Blitzableiter möglich. Während so der Blitzableite Thätigkeit ist, während ihn die entgegengesetzten Elektricitäten in gegengesetzter Richtung durchströmen, kann man sich ihm ohne Ge nähern, man kann ihn ohne Gefahr berühren; denn wo keine elektri Spannung vorhanden ist, ist auch kein Schlag zu befürchten.

Nehmen wir nun an, eine der oben genannten Bedingungen nicht erfüllt, die Spitze sei stumpf, die Leitung zum Boden sei un kommen oder unterbrochen, so ist klar, dass eine Anhäufung von E tricität im Blitzableiter nicht allein möglich, sondern auch, dass sie vermeidlich ist; er bildet dann einen geladenen Conductor, in welc eine ungeheure Menge von Elektricität angehäuft sein kann; man k bald schwächere, bald stärkere Funken aus ihm ziehen.

Wenn nur die Spitze stumpf ist, so kann der Blitz einschla allein er wird der Leitung folgen, ohne dem Gebäude zu schaden.

Wenn die Leitung unterbrochen oder die Verbindung mit dem den unvollkommen ist, so kann der Blitz ebenfalls einschlagen, er sich aber auch seitwärts auf andere Leiter verbreiten und eben so Zerstörungen anrichten, als ob gar kein Blitzableiter vorhanden gew wäre.

Noch mehr: ein Blitzableiter, welcher diesen Fehler hat, ist gefährlich, selbst wenn der Blitz nicht einschlägt; denn wenn an irg einer Stelle der Leitung die Elektricität hinlänglich angehäuft ist, kann ein Funken seitwärts überschlagen, welcher nahe Gegenstände trümmern oder entzünden kann. Man kann dafür ein trauriges spiel anführen. Richmann, Professor der Physik in Petersburg, w von einem Funken plötzlich getödtet, welcher dem Blitzableiter entl der in sein Haus heruntergeleitet war und dessen Leitung er unter chen hatte, um die Elektricität der Wolken zu untersuchen. Sokol

techer der Akademie, sah, wie der Funken Richmann auf die af.

chdem wir angegeben haben, welche Bedingungen erfüllt sein , wenn ein Blitzableiter wirksam sein soll, und welche Gefahren entspringen, wenn man sie vernachlässigt, bleibt noch Einiges praktische Ausführung der Blitzableiter zu sagen übrig. Gay- hat unter den Auspicien der Akademie der Wissenschaften eine e Instruction über diesen Gegenstand verfasst. Nach dieser soll ze des Blitzableiters die Fig. 342 dargestellte Einrichtung haben.

42. Auf einer 8,6 Meter langen Eisenstange ist ein 0,6 Meter langer, etwas konischer Messingstab eingeschraubt und dann noch mit einem Querstift befestigt. Oben ist in diesem Messingstab eine Platinnadel von 0,05 Meter Länge mit Silber eingelöthet und die Verbindungsstelle mit einer Hülle von Messing umgeben.

In Deutschland macht man gewöhnlich auch die Spitze der Blitzableiter von Eisen, vergoldet sie oben, um zu verhindern, dass sie rostet und dadurch abgestumpft wird.

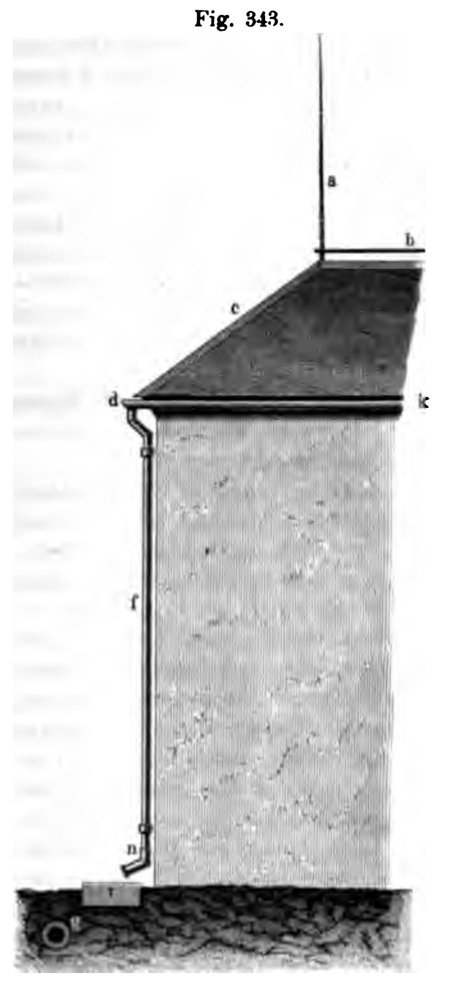
Die Stange des Blitzableiters, welche in verschiedener Weise auf dem Gebäude befestigt werden kann, muss nun mit dem feuchten Boden durch eine metallische Leitung verbunden werden. Es dienen dazu gewöhnlich eiserne Stangen oder starke Kupferdrähte. Wenn irgend ein Brunnen in der Nähe ist, welcher nicht austrocknet, oder wenn man ein Loch bis zur Tiefe bohren kann, in welcher sich beständig Wasser findet, so reicht es hin, die Stange hineinzuleiten, indem man sie in mehrere Arme theilt. Um die Berührungspunkte zu vermehren, führt man die Stange durch Windungen zu dem Brunnen oder dem Bohrloche, welche man dann mit Holzkohlen ausfüllt. Dies gewährt den doppelten Vortheil, dass auf diese Weise das Eisen besser vor Rost geschützt wird und dass es mit einem guten Leiter, der Kohle, in Berührung ist.

Wenn man kein Wasser in der Nähe hat, muss man die Stange wenigstens durch einen langen Canal, der mit Kohlen ausgefüllt wird, an einen feuchten Ort leiten. Der grösseren Sicherheit wegen kann man die Leitstange auch noch in Seitencanäle verzweigen.

Wirksamkeit des Blitzableiters ist jedoch noch an einige andere ngen geknüpft. Wenn er von anderen in der Nähe befindlichen änden überragt wird, so kann die Elektricität der Wolke auf rker wirken als auf den Blitzableiter, der Blitzableiter kann sie ht vor den Blitzschlag schützen; ebenso wenn bedeutende Metall- etwa eiserne Stangen oder eine metallische Dachbedeckung, sich Nähe des Blitzableiters befinden, ohne mit denselben in leitender

Verbindung zu sein. Wenn solche Metallmassen vorhanden sin
man sie möglichst gut in leitende Verbindung mit dem Blit
bringen, damit die ang
Elektricität ungehinder
die Spitze ausströmen k
ist demnach gefährlich,
tallene Dachbedeckung v
Blitzableiter zu isoliren, 
einige Praktiker vorges
haben.

Fig. 343.



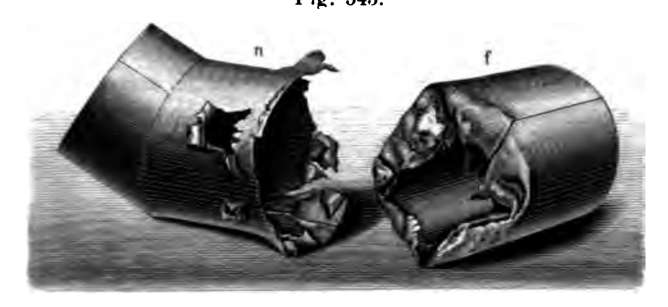

Wie nachtheilig es is
germaassen bedeutende
massen in der Nähe de
ableiters isolirt zu lasse
aus folgendem Beispiel
Am Abend des 26. Juli 18
sich ein heftiges Gewitt
Freiburg, im Verlauf de
Blitz ein grosses, dr
ges, isolirt stehendes
traf, welches mit einen
ableiter versehen ist. F
mag dazu dienen, die 
nisse verständlich zu 
An jedem Ende der D
steht eine Auffangstang
denen in unserer Fig
die eine, *a*, dargestellt is
ein Stück der horizontal
tung, welche die beiden A
stangen verbindet. Vo
Mitte der Leitungsstange
dann die Ableitung in
ger Weise bis zu hinlä
Tiefe in den Boden hera
Dachfirst sowie die vier

Fig. 344.

kanten des Daches, von denen unser
nur eine, *c*, zeigt, sind mit Strei
Zinkblech gedeckt, welche mit den A
stangen in leitender Verbindung
Dies ist aber nicht der Fall b
rings um das Haus laufenden Dachrinne, von welcher in unsere
ein Stück *dk* dargestellt ist. Um diese Dachrinne ist die z
den führende Leitung in einem Abstand von ungefähr 1 Fuss
geführt. Von der Dachrinne gehen in allem acht verticale Röhr

kblech herab, von denen in unserer Figur nur die eine, *f*, nahe am öst-
en Eck des Hauses angebrachte zu sehen ist. Dieses Röhrensystem bil-
eine Metallmasse von ziemlich bedeutender Oberfläche, welche, wie ge-
t, mit dem Blitzableiter nicht leitend verbunden war, wie es doch
te sein sollen. Durch die vertheilende Wirkung der Gewitterwolken
sste eine namhafte Anhäufung der von ihnen angezogenen Elektricität
den oberen Parthien der Röhrenleitung stattfinden, welche eine Ent-
ang bei *d* herbeiführte. Der Blitz folgte nun der verticalen Röhre *f*,
che bis zu dem untersten Stück, welches nicht angelöthet, sondern
angesteckt war, unversehrt blieb. Das untere Ende von *f*, welches
las Kniestück *n* einfach eingesteckt war, wurde aber gewaltsam nach
en umgebogen, wie man in *f*, Fig. 345, sieht, während das obere

Fig. 345.




le des Kniestückes *n* zerrissen und durchlöchert wurde, wie *n* in
345 zeigt. Von der Mündung des Kniestücks *n*, Fig. 343, schlug
Blitz über den Rinnstein *r*, den er zerriss, zu der ganz nahe beim
se vorüberlaufenden, ungefähr 2 Zoll dicken Gasleitungsröhre *g* über,
he an zwei, etwas über 1 Fuss von einander entfernten Stellen zer-
hen wurde, wie Fig. 344 erläutert.

Um eine im Boden liegende metallene Röhrenleitung, welche in der
e der Bodenleitung eines Blitzableiters vorbeiläuft, vor Blitzschlägen
schützen, ist nichts besser, als sie mit dieser Bodenleitung in mög-
st gut leitende Verbindung zu bringen.

Die Erfahrung zeigt, dass ein mit allen Vorsichtsmaassregeln ange-
er Blitzableiter von den angegebenen Dimensionen einen Umkreis
ungefähr 20 Metern Radius schützt.

**Galvanische Prüfung der Blitzableiter.** Da bei einem 249
en Blitzableiter nothwendig von der Spitze bis zum Boden eine voll-
nmen metallische Leitung stattfinden muss, so ist es wichtig, sich auf
einfache Weise davon überzeugen zu können, dass diese Bedingung
klich erfüllt ist; ein zweckmässiges Mittel zu einer solchen Prüfung
rt uns nun der galvanische Strom. Befestigt man an der Spitze des
zableiters einen mit Seide übersponnenen Kupferdraht, welcher bis

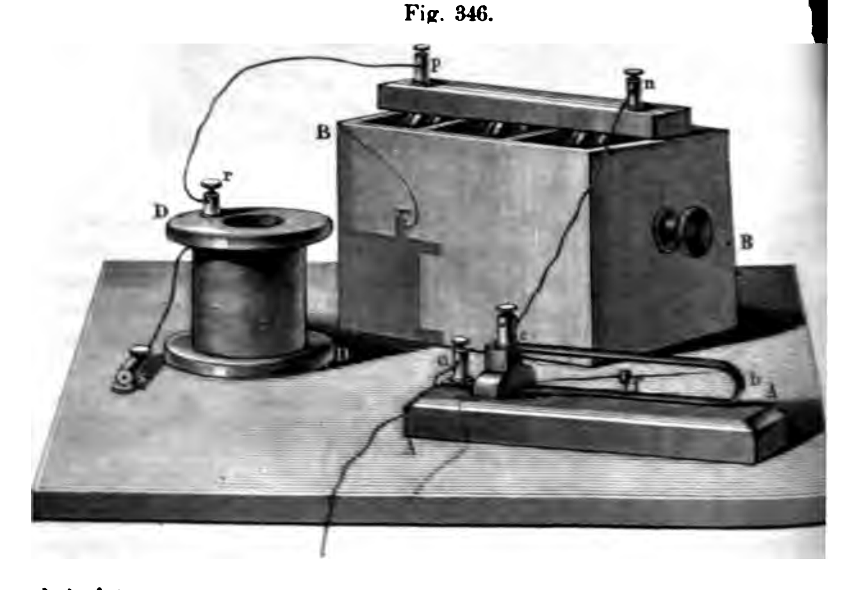
zum Boden herunter reicht; verbindet man dann sein unteres Ende mit dem einen Pol eines einfachen galvanischen Plattenpaares, während vom anderen Pole desselben ein Leitungsdraht zum unteren Ende des Blitzableiters führt, so muss ein galvanischer Strom die ganze Kette durchlaufen, welchen man erkennt, wenn man ein Galvanometer in diesen Schliessungsbogen einschaltet.

Zur galvanischen Prüfung eines Blitzableiters gehören also:

1. ein Galvanometer,
2. eine galvanische Säule,
3. ein Leitungsdraht.

Ein gewöhnliches Galvanometer mit astatischem, an einem Coconfaden hängendem Nadelpaare dürfte zu unserem Zwecke wohl zu zerbrechlich sein und ausserdem ist es auch zu empfindlich: zur galvanischen Prüfung der Blitzableiter genügt eine einfache, auf einer Stahlspitze spielende Magnetnadel, um welche der Strom durch einen Kupferstreifen herumgeleitet wird. In Fig. 346 ist eine solche Vorrichtung

Fig. 346.




bei $A$ in $^1/_3$ der natürlichen Grösse dargestellt. Auf einem Brettchen ist ein ungefähr 1 Centimeter breiter Kupferstreifen befestigt, welcher bei $b$ so gebogen ist, dass er zwei horizontale Arme $ab$ und $bc$ bildet, von denen der untere etwas länger ist. Bei $c$ sind die beiden Enden durch ein Holzklötzchen getrennt. Bei $f$ ist auf dem unteren Arme des Kupferstreifens eine Stahlspitze eingelassen, auf welcher die Magnetnadel spielt. Bei $a$ und $c$ sind Klemmschrauben angebracht, in welche die Zuleitungsdrähte eingeschraubt werden.

Als Elektromotoren könnte man Bunsen'sche oder Daniell'sche cher anwenden; allein für solche, welche weniger mit der Handhabung ser Apparate vertraut sind, ist doch eine Wollaston'sche Säule von ra 6 Plattenpaaren vorzuziehen, die, an einem gemeinschaftlichen stte befestigt, in einen rechteckigen Trog $BB$ eingesenkt werden kön- n, welcher keine Scheidewände zu enthalten braucht und welcher eine schung von 1 Thl. Schwefelsäure auf 20 bis 30 Thle. Wasser enthält. den beiden Polen dieser Säule sind die Klemmschrauben $p$ und $n$ gesetzt.

Der kupferne Leitungsdraht von 100 bis 150 Fuss Länge und $^1/_3$ $^1/_2$ Millimeter Dicke ist mit Seide oder Wolle übersponnen und wird bequemeren Gebrauchs wegen auf eine hölzerne Spule $D$ aufgewickelt, welcher sein inneres Ende befestigt und mit einer Klemmschraube $r$ sehen ist. An dem anderen Ende des Drahtes ist dann gleichfalls Klemmschraube $s$ angelöthet.

Um den Versuch anzustellen, werden die besprochenen Apparate, unsere Figur zeigt, auf einen Tisch zusammengestellt, welcher in Nähe der Stelle steht, wo der Blitzableiter in den Boden eintritt. Galvanometer wird so gerichtet, dass die Arme $ab$ und $bc$ der pferleitung in der Ebene des magnetischen Meridians liegen, dass also Magnetnadel mit der Längsrichtung dieser Streifen parallel ist und weder zur Linken noch zur Rechten hervorschaut. Ist das Galvano- ter so aufgestellt, so wird bei $a$ ein kupferner Leitungsdraht einge- raubt, welcher, 8 bis 10 Fuss lang, zum unteren Ende des Blitzablei- rs geführt und da mehrere Male um die eiserne Stange desselben einige über dem Boden herumgewunden wird.

Damit zwischen den Leitungsstangen des Blitzableiters und dem gewundenen Kupferdraht metallische Berührung bestehe, muss die eiserne Stange zuvor etwas anfeilen.

Nun ist der längere, auf die Holzspule aufgewundene Kupferdraht ähnlicher Weise an der Saugstange des Blitzableiters zu befestigen. esem Zwecke steigt der Dachdecker hinauf, feilt die Stange etwas nd windet um die angefeilte Stelle einen 2 bis 3 Fuss langen Kupfer- t mehrmals herum; alsdann wirft er eine Schnur herab, welche an freien Ende $s$ des auf der Spule aufgewundenen Kupferdrahtes an- unden wird und vermittelst deren er dieses Drahtende in die Höhe eht, während sich unten der Draht von der Spule abwickelt. Ist die hraubklemme $s$ oben angekommen, so befestigt der Dachdecker in der- ben das freie Ende des Drahtes, welchen er um die Saugstange herum- wunden hat, während man unten die Spule mit dem Rest des Drahtes f den Tisch stellt. Ist dies geschehen, so wird ein kurzer Leitungs- aht einerseits in die Klemmschraube $r$ der Spule und anderseits in die mmschraube $p$ eingeschraubt, welche den einen Pol der Wollaston'- en Säule bildet. Um die Kette zu schliessen, hat man jetzt nur noch ig, zwischen den Klemmschrauben $n$ der Säule und $c$ des Galvano-



der längere Leitungsdraht nach und nach an verschieden
Blitzableiterleitung befestigt, um so die Strecke ausfindig
auf welcher sich die Unterbrechung befindet.

250 **Wirkungen der Gewitter auf elektrische Te**

Auf die Drahtleitungen eines elektrischen Telegraphen m
elektricität sowohl, wie die Elektricität der Gewitterwolken
Weise wirken wie auf Blitzableiter; die telegraphischen Leitun
den also unter dem angedeuteten Einflusse stets von mehr
starken Strömen durchlaufen werden.

Um solche Ströme sichtbar zu machen, schaltete B
einen empfindlichen Multiplicator in eine Telegraphenleit
fand, dass die Nadel desselben fast nie zur Ruhe kommt,
Leitungsdrähte unter dem Einflusse der Luftelektricität f
elektrisch durchströmt sind.

Unter dem Einflusse von Gewitterwolken werden die
graphendrähten circulirenden Ströme stark genug, um die zei
Apparate in Bewegung zu setzen, also Signalglocken läu
den Schreibapparat Morse'scher Apparate klappern zu m
Begreiflicher Weise sind aber diese Zeichen so unregelmä
Telegraphist alsbald ihren Ursprung erkennt. Wenn a
Effecte solcher durch Gewitterwolken inducirter Ströme r
graphischen Signalen verwechselt werden können, so wirke
höchsten Grade störend auf letztere ein, und können ein
Telegraphiren oft geradezu unmöglich machen.

Die durch Gewitterwolken in den Telegraphendrähten i
tricität kann aber unter Umständen auch eine solche Inten

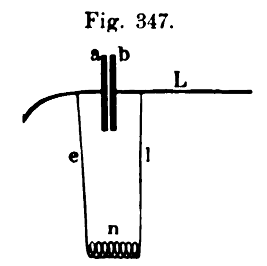
Am 19. Juni 1846 schlugen in Philadelphia zwischen dem Lei-
ıdrahte, welcher von Aussen in das Haus hineingeführt war und dem-
en Drahte, welcher dazu diente, den Apparat mit der Bodenplatte
itende Verbindung zu setzen, und welcher an einer Stelle zufällig
ersteren bis auf weniger als 1 Zoll genähert war, unter dem Einflusse
benachbarten Gewitters lebhafte Funken über, welche endlich so stark
en, dass der Aufseher, für die Sicherheit des Hauses besorgt, den einen
t mit den städtischen Gasröhren in Verbindung setzte, um so die
ı die Gewitterwolken inducirte Elektricität in den Boden abzuleiten.
Am 17. August 1847 pflanzte sich die Wirkung eines zu Ollmütz
brochenen Gewitters bis nach Triebitz, 10 Meilen weit fort, und
ın letzterem Orte mit der Drahtspannung beschäftigter Arbeiter er-
einen so starken Schlag, dass er einige Schritte zurücktaumelte.

Sehr häufig werden durch den Blitz die Tragsäulen der Leitungs-
ie zersplittert, die Leitungsdrähte selbst zerrissen, und dünnere
te der telegraphischen Apparate durch die übermächtigen Ströme
ımolzen, wodurch dann natürlich die Leitungen unterbrochen und
ıpparate untauglich werden.

Eine interessante Zusammenstellung hierher gehöriger Erscheinun-
indet man in der 3. Auflage von Schellen's „elektromagnetischem
graph" (Braunschweig 1861) Seite 334 u. f.

Um die elektrischen Telegraphen vor den Unfällen zu schützen,
ı welche sie von Gewittern bedroht sind, hat man besondere tele-
ıische Blitzableiter construirt. Steinheil, von welchem die erste
tige Vorrichtung herrührt, benutzte den Umstand, dass die von Ge-
rn inducirte Elektricität leichter kleine Zwischenräume überspringt,
en langen Weg dünner Drahtwindungen durchläuft, wie dies unter
anderem ja auch aus der oben mitgetheilten zu Philadelphia beobachteten Erscheinung hervorgeht.

Fig. 347.




Das Princip der Steinheil'schen Schutzapparate, welches mit mannigfachen Modificationen fast allgemeine Anwendung gefunden hat, wird durch die schematische Fig. 347 erläutert. Es sei $L$ der von der nächsten Station kommende Leitungsdraht, $E$ der Leitungsdraht, welcher zur Boden-
ı führt; der eine dieser Drähte endet mit einer Metallplatte $a$, der
e in der Metallplatte $b$, und diese beiden Platten sind in paralleler
ıng einander ganz nahe gegenübergestellt, ohne sich jedoch metal-
zu berühren. Bei den Steinheil'schen Blitzableitern wird die
ion der beiden Platten durch ein zwischengelegtes Stück Seidenzeug
kstelligt. — Die Leitungsdrähte $E$ und $L$ sind durch die Draht-
ıgen $e$ und $l$ mit dem zeichengebenden Apparat $n$ in leitende Ver-
ıng gebracht.

**Während nun der Strom einer galvanischen Batterie, welch der benachbarten Station kommt, den Zwischenraum zwischen den**


Fig. 348.

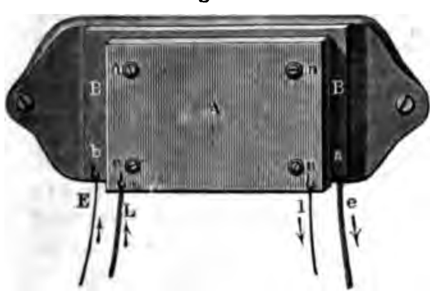
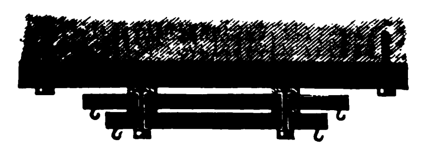



Fig. 349.



ten $a$ und $b$ nicht überspi kann, sondern die Windung zeichengebenden Apparates mässig durchläuft, springt kehrt die durch Gewitter ind Elektricität zwischen den Pl $a$ und $b$ über, ohne zu den dungen des zeichengebenden rates $n$ zu gelangen.

In Fig. 348 sind die M ner'schen Blitzplatten fähr in $^{1}/_{10}$ der natürlichen G in perspectivischer Ansicht, in 349 sind sie im Grundriss d stellt. Der Abstand der be Messingplatten $A$ und $B$, d Berührung durch vier dünne fenbeinplättchen verhindert beträgt nahezu 0,3$^{mm}$. Die ganze Vorrichtung ist an der Wand des legraphenbureaus befestigt. Die Zuleitungsdrähte $L$, $E$, $l$ und $e$ der 348 entsprechen den gleich bezeichneten Drähten der schemati Fig. 347.

**251 Geographische Verbreitung der Gewitter.** Obglei dieser Beziehung das Beobachtungsmaterial noch sehr mangelhaft unterliegt es doch keinem Zweifel, dass die Gewitter in der heissen im Allgemeinen nicht allein heftiger, sondern auch häufiger sind der gemässigten, wie man dies auch aus folgender Tabelle ersieht, nach dem in Arago's Abhandlung zusammengetragenen Material mengestellt ist.



| htungsort. | Durchschnittszahl der Gewitter in einem Jahre. | Zahl der Beobachtungsjahre. | Kleinste Zahl der Gewitter in einem Jahre. | Grösste Zahl der Gewitter in einem Jahre. |
|---|---|---|---|---|
| g (Java) . . | 159 | 17 | | |
| . . . . . . . | 60 | 1 | | |
| ro . . . . . | 50,7 | 6 | 38 | 77 |
| ıe . . . . . | 39 | | | |
| n . . . . . . | 38 | 1 | | |
| pe . . . . . | 37 | | | |
| . . . . . . . | 27 | 16 | | |
| yres . . . . | 22,6 | 7 | | |
| . . . . . . . | 19 | 1 | | |
| . . . . . . . | 18,4 | 15 | 11 | 30 |
| . . . . . . . | 17,5 | 4 | | |
| g . . . . . | 17 | 20 | 6 | 21 |
| . . . . . . | 16,2 | 11 | 8 | 27 |
| . . . . . . | 14 | 9 | | |
| . . . . . . . | 13,8 | 51 | 6 | 25 |
| . . . . . . | 13,5 | 29 | 5 | 17 |
| . . . . . . . | 11 | 3 | 7 | 18 |
| g . . . . . | 9,2 | 11 | | |
| . . . . . . | 8,5 | 13 | 5 | 13 |
| . . . . . . | 5,8 | 6 | 3 | 14 |
| . . . . . . | 3,5 | 2 | 3 | 4 |

vollständigere Tabelle dieser Art findet man in Klein's „Ge-
az 1871.
ockholm giebt es durchschnittlich 9, zu Bergen 6 Gewitter

ch nun gerade innerhalb der Tropen und in der Nähe der
ıe im Allgemeinen die Gewitter häufiger sind, so findet man
e Länder, in welchen die Gewitter selten sind, wie Aegypten,
e ganz fehlen, wie in Unter-Peru. Die Bewohner von Lima
ler Donner noch Blitz.
die gemässigte Zone hinaus werden die Gewitter immer selte-
r man sich den Polen nähert. Auf seinen zahlreichen Reisen
olarmeeren beobachtete Scoresby über dem 65° n. B. hinaus
l Donner und Blitz, und über dem 75° n. B. hinaus ist dieses
noch nie wahrgenommen worden.

Was die Vertheilung der Gewitter auf die verschiedenen Jahreszeiten betrifft, so finden sie in der heissen Zone vorzugsweise zu Anfang und zu Ende der Regenzeit Statt.

Im westlichen Europa fällt ungefähr die Hälfte aller Gewitter auf den Sommer, $^1/_{10}$ auf den Winter. In Deutschland und der Schweiz sind die Gewitter im Sommer noch zahlreicher, die Wintergewitter aber seltener; noch weiter im Inneren von Europa giebt es gar keine Wintergewitter mehr. Auf der Westküste von Norwegen, in Bergen, wo im Laufe eines Jahres im Durchschnitt 6 Gewitter stattfinden, kommen dagegen 2 bis 3 auf den Winter und nur 1 bis 2 auf den Sommer. Auch an den Westküsten von Nordamerika und an den Ostküsten des Adriatischen Meeres sind die Wintergewitter vorherrschend.

252 **Aeusserer Charakter der Gewitterwolken.** Der Bildung der Gewitter geht meist eine ungewöhnliche Schwüle voran. In der mit Wasserdämpfen gesättigten Atmosphäre beginnen sich einzelne Wolken zu bilden, welche rasch an Umfang und Dichtigkeit zunehmen und deren äusseres Ansehen sie schon als Gewitterwolken verkündigt. Von der Ferne gesehen erscheinen sie als dunkle, schwarzgraue Wolkenmassen, welche, auf dem Horizonte aufliegend, an ihrer oberen Gränze in eine Masse aufgethürmter Haufwolken übergehen, welche, noch von der Sonne beschienen, durch ihre blendende Weisse nur um so mehr gegen die Dunkelheit der tieferen Wolkenschichten contrastiren. In diesen aufgethürmten Wolkenmassen bemerkt man gewissermaassen ein gewaltiges Aufschwellen, eine rasche Formveränderung der kugeligen Wolkengipfel, während die ganze Wolkenmasse doch nur langsam vorrückt.

Allmälig nähert sich die Gewitterwolke mehr dem Zenith, und wir sehen nur noch die untere Seite derselben, welche vielfach zerrissen erscheint. Die herabhängenden Wolkenfetzen sind in fortwährender unregelmässiger Bewegung und zeigen oft eine eigenthümliche blaugraue Färbung, welche man als Vorboten von Hagel betrachtet. Eben so sieht man unter der grossen Gewitterwolke oft einzelne isolirte Wölkchen in unregelmässiger Bewegung nach verschiedenen Richtungen hinziehen.

Was die Höhe der Gewitterwolken über der Erdoberfläche betrifft, so ist diese in gebirgigen Gegenden am leichtesten zu bestimmen, da höhere Berge häufig in die Region der Gewitterwolken hinein-, ja über dieselbe hinausragen, so dass man sich auf dem Gipfel der Berge im vollen Sonnenschein befindet und den reinen blauen Himmel über sich hat, während Gewitterwolken mit Blitz und Donner die Thäler bedecken. In der Ebene lässt sich die Höhe der Gewitterwolken ermitteln, wenn man die Winkelhöhe der Stelle misst, an welcher ein Blitz erscheint, und dann die Zeit beobachtet, welche zwischen der Wahrnehmung des Blitzes und des Donners verstreicht.

Aus solchen Beobachtungen hat man ermittelt, dass sich die Gewitterwolken oft bis zu einer Höhe von 700 bis 1000 Fuss herabsenken

rend die mittlere Höhe derselben 3000 bis 4000 Fuss zu sein scheint. r auch in sehr grossen Höhen finden Gewitter Statt, denn es fehlt nicht an Berichten, dass Reisende auf den Gipfeln der höchsten Berge h Gewitter über sich beobachtet haben; so Saussure auf dem Côl Géant in einer Höhe von 10 500 und Bouguer auf dem Pichincha einer Höhe von 14 600 Fuss.

**Der Blitz und das Wetterleuchten.** Ein Gewitter kommt 253 Ausbruch, wenn sich Wolken, welche einen hinlänglichen Grad elekcher Ladung erreicht haben, in der Nähe anderer Wolken oder irdier Gegenstände befinden, gegen welche sie sich entladen können.

Jede solche Entladung ist von einer Lichtentwickelung, dem Blitz air), und von einer Lufterschütterung begleitet, von welcher der aner herrührt. Ein Blitz, welcher einen Körper der Erdoberfläche t, wird als Blitzschlag (foudre) bezeichnet.

Arago unterscheidet drei Arten von Blitzen. Die Blitze der ersten sse sind zickzackförmig geschlängelte, schmale, scharf begränzte htstreifen, welche der Form nach mit den langen Funken kräftiger ktrisirmaschinen oder grösserer Ruhmkorff'scher Apparate die grösste nlichkeit haben. Solche Blitze schlagen häufig zwischen zwei Wolken r auch zwischen einer Wolke und einem Gegenstand auf der Erdoberhe über, in welchem Falle man sagt, dass der Blitz eingeschlagen be.

Die Blitze sind oft Meilen lang, wie man am besten übersehen kann, n man auf einem hohen Berge unter sich ein Gewitter in der Tiefe beobachten Gelegenheit hat. In solchen Fällen sieht man auch, dass fig Blitze aus den Gewitterwolken nach oben schlagen. Im Jahre 0 tödtete ein von unten kommender Blitzschlag in Steyermark sieben sonen, welche sich in einer auf einem hohen Berge gelegenen Capelle nden. Während in der Tiefe das Gewitter tobte, schien oben die ne hell am blauen Himmel und Niemand ahnete eine Gefahr.

Viel häufiger als die eben besprochenen sind die Blitze der zweiten sse, deren diffuses Licht nicht auf einer schmalen gebrochenen Linie entrirt ist, sondern über grössere Flächen ausgebreitet erscheint. Unterscheidung in Blitze der ersten und zweiten Classe ist häufig rein zufällige. Ein an und für sich linearer Blitz kann einem Behter als ein Blitz zweiter Classe erscheinen, wenn ihm sein directer lick durch eine zwischengelagerte Wolke entzogen ist und er nur die h jenen Blitz hervorgebrachte Erleuchtung wahrnehmen kann. In m Falle ist aber der Flächenblitz von gleich kurzer Dauer wie der enblitz; man hat es hier nur scheinbar mit Blitzen der zweiten Classe hun. Die eigentlichen Blitze zweiter Classe zeichnen sich durch etwas längere Dauer der Lichterscheinung aus. Danach ständen die e erster und zweiter Classe in einer ähnlichen Beziehung zu einr, wie Funken- und Büschelentladung.

Diese Ansicht wird durch Kundt's Beobachtungen über das Spectrum der Blitze bestätigt, nach welchen das Spectrum der Linienblitze gleich dem Spectrum des Funkens der Elektrisirmaschine aus einzelnen schmalen scharf begränzten Linien besteht, während die Spectra der eigentlichen Flächenblitze, ebenso wie die Spectra der elektrischen Büschel durch breitere Lichtbänder gebildet werden.

Als Blitze der dritten Classe bezeichnet Arago Feuerkugeln von sehr verschiedenem Volumen, welche manchmal während der Gewitter die Atmosphäre mit einer verhältnissmässig so geringen Geschwindigkeit durchlaufen, dass man sie oft mehrere Secunden lang mit den Augen verfolgen kann. Ihr plötzliches Verschwinden erfolgt manchmal ohne Geräusch, manchmal aber ist es von einer Detonation begleitet, welche Aehnlichkeit mit Kanonendonner hat. Die Wirkungen, welche solche Kugelblitze auf die getroffenen Gegenstände ausüben, sind ganz die gleichen, wie die Wirkungen des gewöhnlichen Blitzschlags. Arago zählt eine grosse Anzahl solcher Feuerkugeln auf, deren elektrische Natur unzweifelhaft ist, deren Bildungsweise wir aber bis jetzt absolut nicht erklären können.

Ein interessantes Beispiel der ziemlich selten vorkommenden elektrischen Feuerkugeln bespricht Hugueny im 6ten Bande der Mémoires de la société des sciences naturelles de Strasbourg. Am 13. Juli 1869 zog gegen Abend von Südwesten her ein Gewitter ohne Regen heran. Um 7 Uhr 7 Minuten traf unter furchtbarem Krachen ein Blitz erster Classe einen Pappelbaum der Rheininsel bei der Kehler Schiffbrücke. Gleich darauf bewegte sich von der Gegend dieses Pappelbaumes aus in fast horizontaler Richtung eine elektrische Feuerkugel gegen einen 840 Meter entfernten in der Nähe des Zollhauses stehenden zahmen Kastanienbaum um an demselben unter Explosion zu verschwinden.

Die Feuerkugel, welche von mehreren zuverlässigen Zeugen beobachtet worden war, welche sie der Grösse nach mit einer Kanonenkugel verglichen, legte den 840 Meter langen Weg von der getroffenen Pappel bis zum Kastanienbaum in 3,5 Secunden zurück. Ein Theil des Kugelblitzes, welcher den Kastanienbaum getroffen hatte, drang am Stamme herab in den Boden, zum Theil aber traf er drei Soldaten des französischen Wachtpostens, welche auf einer unter dem Baume befindlichen Bank gesessen hatten. Zwei derselben wurden durch den Schlag sogleich getödtet und der dritte schwer verletzt.

Das Wetterleuchten, welches man des Abends oder während der Nacht selbst bei ganz heiterem Himmel sieht, ohne dass man irgend ein Donnern hört, ist wohl nur der Widerschein sehr entfernter Blitze. In der Nacht vom 10. auf den 11. Juli 1783 bemerkte Saussure auf der Grimsel in der Richtung gegen Genf am Horizonte einige Wolkenstreifen, in welchen er Wetterleuchten wahrnahm, ohne dass man das mindeste Geräusch hören konnte. In derselben Nacht, zu derselben Stunde wurde Genf von einem furchtbaren Gewitter heimgesucht.

Am Abend des 31. Juli 1813 beobachtete Howard zu Tottenham
er Nähe von London bei vollkommen wolkenfreiem Himmel starkes
terleuchten gegen Südosten hin, und erfuhr später, dass zu derselben
ein heftiges Gewitter zwischen Dünkirchen und Calais, also in einer
ernung von ungefähr 25 Meilen, stattgefunden hatte.

Dass der Widerschein eines Blitzes auf solche Entfernungen hin
nehmbar sein kann, geht daraus hervor, dass, als Zach im Jahre
auf dem Brocken zum Zweck von Längenbestimmungen Blitzfeuer
7 Unzen Pulver anzündete, man den Widerschein bis auf eine Ent-
ung von nahe 40 Meilen, also an Orten wahrnehmen konnte, von
hen aus wegen der Krümmung der Erde der Gipfel des Brockens
t gar nicht mehr sichtbar sein konnte.

**Der Donner** entsteht ohne Zweifel durch die Vibrationen der beim 254
rschlagen des Blitzes gewaltsam erschütterten Luft. Blitz und Don-
entstehen gleichzeitig, und wenn man den Donner später hört, als
den Blitz sieht, so liegt dies nur darin, dass sich der Schall ungleich
samer fortpflanzt als das Licht.

Aus dem Zeitintervall, welches zwischen der Wahrnehmung des
es und des Donners vergeht, kann man auf die Entfernung des
es vom Beobachtungsorte schliessen.

Der Blitz ist, in runder Zahl ausgedrückt, so vielmal 1000 Fuss
Beobachter entfernt, als Secunden zwischen der Wahrnehmung des
es und des Donners verstreichen.

Der Donner ist nicht auf weithin hörbar; das grösste Zeitintervall,
hes man bis jetzt zwischen Blitz und Donner beobachtet hat, beträgt
ecunden, was auf eine Entfernung von nicht ganz 4 geographischen
en schliessen lässt. Dass der Donner schon in so geringer Entfer-
aufhört, wahrnehmbar zu sein, ist um so auffallender, da man
nenschüsse viel weiter hört. Bei der Belagerung von Genua durch
ranzosen hörte man den Kanonendonner zu Livorno, in einer Ent-
ung von 20 Meilen.

Man sieht das Licht gleichzeitig auf der ganzen Bahn des Blitzes,
auf der ganzen Strecke entsteht auch gleichzeitig der Knall; da sich
der Schall langsamer verbreitet, als das Licht, da er in einer Se-
e nur 340 Meter zurücklegt, so sieht man den Blitz eher, als man
Donner hört; ein Beobachter, welcher sich nahe an dem einen Ende
Bahn des Blitzes befindet, wird den in allen Punkten gleichzeitig
ehenden Ton nicht gleichzeitig hören. Nehmen wir an, der Blitz
400 Meter lang und der Beobachter befinde sich in der Verlängerung
r Bahn, so wird der Schall von dem entfernteren Ende des Blitzes
Secunden später ankommen, als von dem zunächst gelegenen Ende.
emnach der Schall von den verschiedenen Stellen des Blitzes nur
und nach zum Ohre des Beobachters gelangt, so hört er also nicht
momentanen Knall, sondern ein, je nach der Länge des Blitzes

und seiner Stellung gegen die Bahn desselben, länger oder kürzer da
des Rollen des Donners, welches wohl noch durch ein Echo in den W
verstärkt wird.

255 **Wirkungen des Blitzschlages.** Denken wir uns, das
etwa positive Gewitterwolke über dem Meere oder über einem See sch
so wird sie vertheilend wirken, die positive Elektricität im Wasser
zurückgestossen, die negative aber an der Oberfläche des Wasser
gehäuft; diese Anhäufung kann so bedeutend sein, dass sie eine
liche Erhebung des Wassers bewirkt; es wird sich eine grosse Wog
Wasserberg bilden können, welcher so lange bleibt, als dieser elekt
Zustand dauert, der auf dreierlei Weise endigen kann. 1) Wen
die Elektricität der Wolke allmälig verliert, ohne dass ein Entla
schlag erfolgt, so wird sich auch der neutral-elektrische Zusta
Wassers allmälig wieder herstellen. 2) Wenn der Blitz zwischen
Gewitterwolke und einer anderen, oder zwischen der Wolke und
entfernteren Orte der Erde überschlägt, wenn also die Wolke pl
entladen wird, so muss die an der Oberfläche des Wasserberges
häufte Elektricität auch rasch wieder ab-, die bisher abgestossene
wieder zuströmen, es findet eine plötzliche Ausgleichung, ein
s c h l a g Statt. 3) Wenn die Gewitterwolke sich nahe genug befind
wenn sie stark genug mit Elektricität geladen ist, so schlägt de
auf den Wasserberg über. Dieser directe Schlag bringt in der
eine bedeutendere Bewegung, ein stärkeres Aufwallen des Wassers
als der Rückschlag. Ein solcher Schlag findet nicht ohne mächti
chanische Wirkung Statt.

Betrachten wir nun die Wirkungen der Gewitterwolken a
Lande.

Eine allmälige Zerlegung und Wiedervereinigung der Elek
bringt keine sichtbaren Wirkungen hervor; es scheint jedoch, dass
Störungen des elektrischen Gleichgewichts durch organische Wese
namentlich durch nervenkranke Personen, empfunden werden kön

Der Rückschlag ist stets weniger heftig als der directe; es gie
Beispiel, dass er eine Entzündung veranlasst habe, dagegen fehlt e
an Beispielen, dass Menschen und Thiere durch den Rückschlag g
worden sind; man findet an ihnen in diesem Falle durchaus kei
brochenen Glieder, keine Wunden und keine Brandspuren.

Die furchtbarsten Wirkungen bringt der directe Schlag l
Wenn der Blitz einschlägt, so bezeichnet er die Stelle, wo er den
trifft, durch ein oder mehrere, bald mehr, bald minder tiefe Löcher

Alles, was sich über die Ebene erhebt, ist vorzugsweise dem
schlage ausgesetzt; daher kommt es, dass so oft Thiere mitten i
Ebene erschlagen werden; unter sonst gleichen Umständen ist man j
auf einem nichtleitenden Boden sicherer, als auf einem gutleitenden
Bäume sind schon durch Säfte, welche in ihnen circuliren,

er; wenn eine Gewitterwolke über ihnen hinzieht, so findet in den nen eine starke Anhäufung von Elektricität Statt, und deshalb sagt mit Recht, dass Bäume den Blitz anziehen; man darf daher während s Gewitters unter Bäumen, namentlich unter einsam stehenden Bäu-, ja selbst unter einsam in der Ebene stehenden Sträuchen keinen itz suchen.

Gebäude sind in der Regel aus Metall, Steinen und Holz zusammentzt. Wegen der ungleichen Leitungsfähigkeit dieser Substanzen ist die Wirkung der Gewitterwolken auf dieselben sehr verschieden. n der Blitz einschlägt, so trifft er vorzugsweise die besseren Leiter, en sie nun frei oder durch schlechtere Leiter eingehüllt sein; die heilende Kraft der atmosphärischen Elektricität wirkt auf den in die d eingeschlagenen Nagel eben so gut, wie auf die frei in die Luft ade Windfahne.

Die mechanischen Wirkungen des Blitzes sind in der Regel heftig. Wenn der Blitz in ein Zimmer einschlägt, so werden die eln umgestürzt und zertrümmert, Metallstücke werden herausgerissen fortgeschleudert. Bäume werden vom Blitz gespalten und zertert, gewöhnlieh aber kann man vom Gipfel bis zum Boden eine rere Centimeter breite und tiefe Furche verfolgen, die abgeschälte le und die ausgerissenen Späne findet man weit weggeschleudert, am Fusse des Baumes sieht man oft ein Loch, durch welches das rische Fluidum sich in den Boden verbreitete.

Die physikalischen Wirkungen des Blitzes beweisen eine mehr minder bedeutende Temperaturerhöhung. Wenn der Blitz ein Stroh, trockenes Holz, ja grüne Bäume trifft, so findet eine Verkohlung, tens sogar eine Entzündung Statt; bei Bäumen findet man jedoch mer Spuren von Verkohlung. Metalle werden durch den Blitz stark tst, geschmolzen oder verflüchtigt. Wiederholte Blitzschläge bringen hohen Bergen sichtbare Spuren von Schmelzung hervor; Saussure erkte sie auf dem Gipfel des Montblanc in Hornblendeschiefer, Rad auf dem Gipfel des Montperdu in Glimmerschiefer und auf dem de Dome in Porphyr; endlich sahen Humboldt und Bonpland dem Gipfel des Vulcans von Toluca auf einer Ausdehnung von mehr zwei Quadratfuss hin die Oberfläche der Felsen verglast; an einigen en fanden sie sogar Löcher, welche innen mit einer glasigen Kruste zogen waren.

Ein interessantes Beispiel von Schmelzung durch den Blitz erzählt Withering (Phil. Transact. 1790). Am 3. September 1789 schlug Blitz in eine Eiche im Park des Grafen von Aylesford ein und ete einen Menschen, welcher unter diesem Baume Schutz gesucht e. Der Stock, welchen der Unglückliche trug, scheint besonders den geleitet zu haben, weil sich da, wo der Stock auf den Boden aufstzt war, ein Loch von 5 Zoll Tiefe und 2½ Zoll Durchmesser fand. Loch wurde alsbald von Withering untersucht, und es fanden sich

in demselben nur einige verbrannte Wurzelfasern. Der Lord Ayl wollte nun an dieser Stelle eine Pyramide mit einer Inschrift er lassen, welche davor warnen sollte, bei Gewittern unter Bäumen zu suchen. Beim Graben des Fundaments fand man den Boden Richtung des Loches bis zu einer Tiefe von 10 Zoll geschwärz 2 Zoll tiefer fand man in dem quarzigen Boden deutliche Spur Schmelzung. Unter Anderem fand sich ein Quarzstück, dessen und Ecken vollkommen geschmolzen waren, und eine durch die Hi sammengebackene Sandmasse, in welcher sich eine Höhlung bef der die Schmelzung so vollkommen war, dass die geschmolzene masse an den Seiten der Höhlung heruntergeflossen war.

Endlich müssen hier noch die sogenannten Blitzröhren, I rite, erwähnt werden, welche man in den sandigen Ebenen von phalen, Schlesien, von Ostpreussen, von Cumberland und in Br nahe bei Bahia, findet. Diese Röhren sind oft 8 bis 10 Meter la

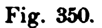
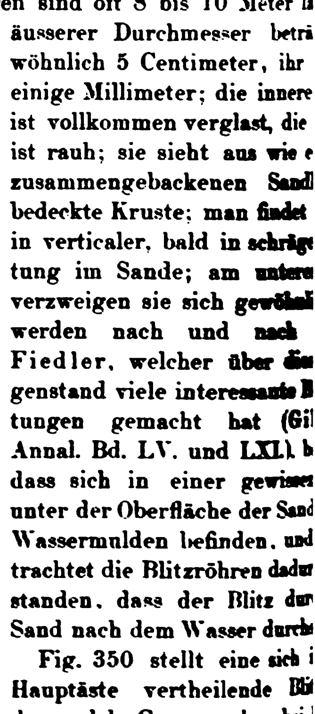


Fig. 350.



äusserer Durchmesser betr wöhnlich 5 Centimeter, ihr einige Millimeter; die innere ist vollkommen verglast, die ist rauh; sie sieht aus wie e zusammengebackenen Sandl bedeckte Kruste; man findet in verticaler, bald in schräge tung im Sande; am untere verzweigen sie sich gewöhnl werden nach und nach Fiedler, welcher über die genstand viele interessante B tungen gemacht hat (Gil Annal. Bd. LV. und LXI.), b dass sich in einer gewisse unter der Oberfläche der Sand Wassermulden befinden, und trachtet die Blitzröhren dadur standen, dass der Blitz dur Sand nach dem Wasser durchs

Fig. 350 stellt eine sich i Hauptäste vertheilende Bli dar, welche Conwerden bei l an der Ems an der Südseite 15 bis 16 Fuss hohen Sand bis zu einer Tiefe von 13 Fu gegraben hat. Fig. 351 ste Stück einer aus der Senner l bei Paderborn stammenden Blitzröhre in natürlicher Grösse dar.

vollständige Verglasung, welche man an der inneren Wandung
öhren beobachtet, ist ein Beweis, dass sie durch Schmelzung
s entstanden sind, also nur durch Blitzschläge erklärt werden
edenfalls ist die Ansicht irrig, als seien es röhrenartige Con-
welche sich in sandigem Terrain durch herabrinnendes Wasser
nach gebildet haben. Die oben angeführte Mittheilung Withe-
ann als directer Beweis für den elektrischen Ursprung der
n dienen.. Noch unzweifelhafter ergiebt sich aber dieser Ur-
ıs der folgenden Beobachtung. Am 15. Juni 1858 zwischen
2 Uhr Morgens waren einige Leute auf einem Baggerschiffe
unte bei Oldenburg beschäftigt, als sie von einem heftigen Blitz-
iubt wurden. Alsbald wieder zur Besinnung gekommen, sahen
gegenüberliegenden Ufer dampfen. Sie fuhren hinüber und
ı an einer Stelle, deren Rasen verkohlt war, zwei mit einem
Kranze weissen Sandes umgebene Löcher. Bei
vorsichtigem Nachgraben führte jedes Loch zu
einer Röhre, welche ihrer zarten Beschaffenheit
wegen nur stückweise herausgebracht werden
kann. Die ganz dünnwandigen Röhrenstücke,
welche zum Theil dem Oldenburger Museum
übergeben wurden, sind inwendig hübsch ver-
glast und von aussen von anhängendem Sande
rauh (Pogg. Ann. CVI, 1859). Aehnliche Beob-
achtungen wurden auch anderwärts gemacht;
zu den interessantesten hierher gehörigen
Beobachtungen dürfte wohl der folgende von
Dr. Hoh (Pogg. Annal. CXXXI) mitgetheilte
Fall gehören. Am 24. Juni 1867 schlug der
Blitz zu Forchheim in der Nähe von Bamberg
in ein Haus, in dessen unterem Stock er zwei
Kinder und drei junge Hunde tödtete und einen
alten Mann betäubte. In einem Zimmer des
oberen Stockes legte der Blitz auf dem mit

ig. 351.



Sand bestreuten Fussboden einen Weg von zwei Fuss Länge
ıd bildete hier eine förmliche Blitzröhre von abgeplatteter un-
iger Cylinderform, welche innen durch Schmelzung vollkommen
ssen durch zusammengebackene Sandkörner rauh erscheint.
hmesser eines 2 Zoll langen, im Besitze des Dr. Hoh befind-
ickes dieser Röhre wechselt von 2 bis 6 Linien.
9. Juli 1849 entlud sich über Basel ein heftiges Gewitter, wel-
mal einschlug. Einer dieser Blitzschläge folgte dem Blitz-
ines Hauses bis in den Boden, sprang aber von da auf eine
vom unteren Ende der metallischen Leitung vorübergehende
asserleitung über. Die einzelnen Röhrenstücke dieser Wasser-
aren mit Pech in einander gefügt, und gerade an diesen Stellen,

**wo also die metallische Leitung unterbrochen war, wurden** viele Röhren**stücke bis auf eine Entfernung von mehr als 1/6 Meile durch** das Ueber**springen des elektrischen Fluidums zersprengt. Gleich nach** jenem Blitz**schlage hörten deshalb auch alle Brunnen des entsprechenden** Stadtviertels **auf zu fliessen.**

**Dass der Blitzschlag Menschen und Thiere tödten kann,** ist bekannt; **als Beispiele führe ich hier einige der Fälle an,** deren ersterer aus **Arago's Abhandlung „sur le tonnère"** Seite 475 entnommen ist **(Annuaire du bureau des longitudes pour 1838.)**

**In der Nacht vom 26. auf den 27. Juli 1759** schlug der Blitz in das **Theater der Stadt Feltre ein, tödtete viele Zuschauer und** verwundete **fast alle übrigen.**

**Im Jahre 1808 schlug der Blitz in ein Wirthshaus** des Fleckens **Kappel im Breisgau und tödtete 4 Personen.**

**Am 20. März 1784 schlug der Blitz in den** Saal des Theaters zu **Mantua, wo 400 Personen versammelt waren; er tödtete** 2 derselben und **verwundete 10.**

**Am 11. Juli 1819 schlug der Blitz während des** Gottesdienstes in **die Kirche von Chateauneuf-les-Moustiers im Arrondissement** von Digne **(Departement der Niederalpen) ein, tödtete 9 Personen und** verletzte **deren 24 mehr oder weniger.**

Am 10. Juli 1855 entlud sich Morgens zwischen 7 **und 9 Uhr über** der ganzen badischen Rheinebene und einem Theile des **Schwarzwaldes** ein Gewitter, welches an weit auseinander liegenden Orten **mehrere Menschen** tödtete. Zu Thunsel, oberhalb Freiburg, **erschlug nämlich der** Blitz einen aus dem Felde heimkehrenden Ackerknecht **sammt seinen** beiden Pferden. Im Amte Durlach suchten vier **Personen unter einem** 40 Fuss hohen Birnbaum Schutz gegen den Regen; ein **Blitzschlag, wel**cher den Baum traf, tödtete zwei derselben, während **die beiden andern** gelähmt wurden. In der Nähe von Bruchsal endlich **schlug während** desselben Gewitters der Blitz in eine Torfhütte, in **welche sich vier** Arbeiter geflüchtet hatten, verletzte mehrere und tödtete **zwei derselben.**

Im Ganzen ist aber doch die Summe der durch **den Blitz erschla**genen Personen so gering, dass man solche Fälle **immerhin zu den** Seltenheiten zählen kann, obgleich das Einschlagen des Blitzes in Gebäude ziemlich häufig vorkommt. So schlug in der einzigen Nacht vom 14 auf den 15. April 1718 der Blitz längs der Küste der Bretagne in 24 Kirchthürme und am 11. Januar 1815 traf der Blitz in den Niederlanden 12 Thürme.

Ausgezeichnete und hohe Gebäude werden sehr häufig durch den Blitz heimgesucht.

Im Jahre 1417 schlug der Blitz in den Glockenthurm von St. Mar**cus** in Venedig und zündete das Gebälk an, welches vollständig ver**brannte**; das wiederhergestellte Dach wurde im Jahre 1489 durch einen **Blitzschlag** abermals in Asche gelegt. Die später von Stein erbaute

amide wurde am 23. April 1745 durch einen heftigen Blitzschlag so wüstet, dass die Reparaturen 8000 Ducaten kosteten.

Im Juli 1759 entzündete der Blitz das Dach des Strassburger Müns, und im October des folgenden Jahres traf ein Blitzstrahl den Thurm elben und zerschmetterte die Pfeiler, welche die sogenannte Laterne en, dermaassen, dass die Reparatur über 100 000 Franken kostete.

Auch der Thurm des Freiburger Münsters ist öfters vom Blitz geen worden; so richtete z. B. ein Blitzschlag, welcher am 28. April 1 die herrliche Pyramide, Fig. 352, traf, so bedeutenden Schaden an,

Fig. 352.



s man zur Wiederherstellung derselben Werkmeister von Strassburg, mar und Ettlingen kommen liess und die benachbarten Stifter beierten, um die Kosten dieser Reparatur zu decken.

Am 2. Januar 1819 traf ein Blitzstrahl den Münsterthurm und ging, ndem er die in der Höhe von *b*, Fig. 352, hängenden Glocken erht hatte, ohne merklichen Schaden zu thun, auf der Nordseite des rms an dem Draht herab, welcher zu der Signalschelle in der Wohg des Thurmwächters führt. Ein Knabe, welcher gerade unter dem dgriff dieses Drahtes sich befand, wurde getödtet.

Am 10. Januar 1843 zwischen 3 und 4 Uhr Nachmittags nahm
Blitzschlag wieder fast denselben Weg, wie im Jahre 1819. Von
Pyramide, an welcher nur einige Steine beschädigt wurden, trat
die Schneckenstiege *ab*, Fig. 352, welche das nordöstliche Eck
Thurmes bildet; die eisernen Klammern, welche hier zur besseren
bindung der einzelnen Steine mittelst Blei eingelassen sind, bestim
den Weg; von einer solchen Klammer zur nächsten überspringend, w
ein Theil des zur Befestigung dienenden Bleies geschmolzen, mit
gerissen und auf dem Zwischenraum zwischen je zwei Klammern w
auf der Oberfläche des Sandsteines ein Bleiglas erzeugt, welches in F
kleiner Glaskügelchen einen fingerbreiten weissen Streifen bildete. Du
allmälige Verwitterung des Bleiglases ist dieser Streifen jetzt wie
verschwunden. Aus der Schneckenstiege nahm der Blitz abermals sei
Weg über die Glocken zu dem schon erwähnten ungefähr 1''' dick
eisernen Schellendraht, welcher diesmal theilweise geschmolzen und
rissen wurde.

Im Jahre 1844 stellte Frick den Blitzableiter am Thurme her.
zwar auf folgende ebenso einfache als zweckmässige Weise: Von d
metallenen Stern, welcher als Wetterfahne dienend ohnehin schon
Spitze bildet, wurde ein aus 9 ungefähr $1\frac{1}{2}$ mm dicken Kupferdräh
bestehendes Drahtseil bis in den Boden herabgeführt und mit die
durch 5 mm dicke Kupferdrähte alle bedeutenderen Metallmassen, wie
Glocken, die Eisenstangen, welche die Pyramiden halten, u. s. w., in V
bindung gebracht.

Diese Vorrichtung hat sich am 28. April 1847 trefflich bew
indem ein Blitzstrahl, welcher den Thurm traf, an dem erwähnten Dr
bis zum Boden herabfuhr, ohne dass er auch nur die mindeste Verletz
hervorgebracht hätte.

Dagegen wurde das Drahtseil auf der ganzen Strecke von der Sp
bis zum unteren Ende der Pyramide bei *a*, Fig. 352, in mehrere gr
und kleinere Stücke zerbrochen, als sich am Abend des 8. April 1
ein furchtbarer Blitzschlag auf den Münsterthurm entlud. — Auffalle
Weise zeigten alle Bruchstellen des Drahtes eine schöne Goldfarbe
bei genauerer Untersuchung ergab sich, dass der Draht in Folge e
Unterschleifes des Lieferanten nicht von Kupfer, sondern von M
sing war. In Folge der hohen Temperatur, bis zu welcher das Dr
seil wegen der schlechten Leitungsfähigkeit des Messings durch
Blitzschlag erwärmt worden war, war er brüchig geworden und
der gleichzeitigen Erschütterung zu widerstehen.

Am 18. August 1769 schlug der Blitz in einen Pulverthurm
Brescia; 200 000 Pfund Pulver wurden entzündet und dadurch ein
furchtbare Explosion verursacht, dass $\frac{1}{3}$ der Häuser dieser grossen
schönen Stadt umgestürzt und die übrigen bedeutend beschädigt wur
3000 Menschen verloren bei dieser Katastrophe das Leben.

hre 1785 wurde ein Pulvermagazin zu Tanger, im Jahre 1807 zu Luxemburg und im Jahre 1808 eines im Fort St. Andrea ı Venedig durch den Blitz entzündet und in die Luft gesprengt. '. November 1755 schlug der Blitz in ein Pulvermagazin in 'on Rouen, spaltete einen Balken des Daches und zersplitterte rfässer, ohne das Pulver zu entzünden.

eite 417, 418 und 419, sowie auf Seite 485 bis 488 der erbhandlung führt Arago eine Reihe von Fällen an, in welchen in Schiffe eingeschlagen hat. Aus dem Allen ergiebt sich, endig es ist, Schiffe sowohl wie Gebäude durch Blitzableiter n.

litzschläge sind zu keiner Zeit gefährlicher, als in den kälteren n.

o fand diese allgemein verbreitete Ansicht bestätigt, als er bei türe alle Blitzschläge notirte, welche an bestimmt bezeichneten iffe getroffen hätten, und nachher die so zusammengetragenen Monaten ordnete. Er nahm in diesem Verzeichniss (S. 417 r Abhandlung) nur solche Fälle auf, welche sich auf der nördıisphäre ausserhalb der Wendekreise ereigneten.

ahl der mit genügendem Datum und mit bestimmter Ortsbeversehenen auf Schiffe gefallenen Blitzschläge, welche er aufnte, war im

| | |
|---|---|
| Januar . . . . . | 5, |
| Februar . . . . . | 4, |
| März . . . . . . | 1, |
| April . . . . . . | 5, |
| Mai . . . . . . | 0, |
| Juni . . . . . . | 0, |
| Juli . . . . . . | 2, |
| August . . . . . | 1, |
| September . . . . | 2, |
| October . . . . . | 2, |
| November . . . . | 4, |
| December . . . . | 4. |

ıkt man nun, dass die Gewitter im Sommer weit häufiger sind ıter, so unterliegt es keinem Zweifel, dass die Wintergewitter, [eere wenigstens, weit gefährlicher sind als die Sommergewitter, damit zusammenhängen mag, dass die Gewitterwolken im it tiefer ziehen als im Sommer.

die oben angeführten Blitzschläge, welche den Thurm des · Münsters trafen, fanden in den Monaten Januar und April

## Zweites Capitel.

# Der Erdmagnetismus.

---

256 **Magnetische Wirkung der Erde im Allgemeinen.** Man kann die Grundlehren der Mechanik vollständig darstellen, ohne dass von der Planetenbewegung die Rede ist, man kann die gesammte Elektricitätslehre entwickeln, ohne dass man nöthig hätte, die Gewitter und die atmosphärische Elektricität in den Kreis der Betrachtung zu ziehen.

Ganz anders verhält es sich mit dem Magnetismus. Die magnetischen Erscheinungen, welche man an Magnetstäben und Magnetnadeln beobachtet, stehen in so enger Beziehung zu dem Erdmagnetismus (die Pole der Magnete haben ja von dieser Beziehung sogar ihren Namen erhalten), dass schon in der Experimentalphysik nothwendig von derselben die Rede sein muss.

Während aber dort von dem Erdmagnetismus nur so weit die Rede sein kann, als zur Begründung der Lehre vom Magnetismus überhaupt nothwendig ist, bleibt es der kosmischen Physik vorbehalten, die magnetischen Verhältnisse der Erde einer speciellen Betrachtung zu unterwerfen.

Um die Wirkung des Erdmagnetismus an irgend einem gegebenen Orte der Erdoberfläche kennen zu lernen, muss man die Richtung und die Grösse der Kraft erforschen, mit welcher er magnetische Körper afficirt. Die Richtung der magnetischen Körper ist durch Declination und Inclination gegeben; um also die magnetische Erdkraft eines Ortes zu ermitteln, hat man nur die sogenannten magnetischen Constanten derselben, nämlich Declination (Abweichung, Missweisung), Inclination und Intensität, zu bestimmen.

Hier haben wir nun ausführlicher zu besprechen, wie die magnetischen Constanten sich mit der geographischen Lage des Beobachtungsortes ändern, und welchen Variationen die magnetische Erdkraft unterworfen ist.

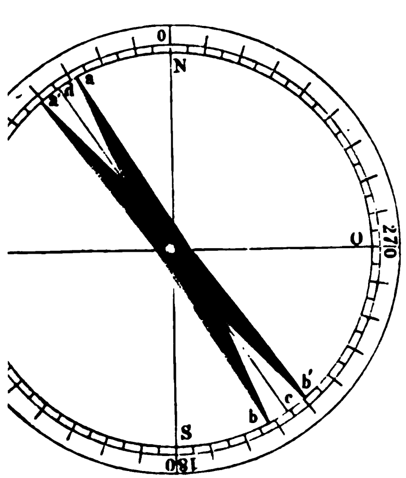
he Methoden anzuwenden sind, um die magnetischen Constanten
's zu ermitteln, muss der Hauptsache nach schon in der Ex-
lphysik besprochen werden, doch dürfte es zweckmässig sein,
Vichtigste zu wiederholen.

**timmung der magnetischen Declination.** Früher 257
an zur Bestimmung der magnetischen Declination nur Apparate
; nach dem Principe der Declinationsbussolen construirt waren.
magnetische Axe der Nadel mit der geometrischen, d. h. mit
ndungslinie der beiden Spitzen zusammenfiele, so würde man
etheilten Kreise der Bussole unmittelbar die Declination ablesen
'orausgesetzt, dass das Instrument so aufgestellt ist, dass die
ıgslinie der Theilstriche 0 und 180 genau in den astronomischen
fällt.

Allgemeinen ist aber diese Bedingung nicht erfüllt, d. h. die
he Axe der Nadel weicht in der Regel mehr oder weniger von
etrischen ab. Dieser Fehler wird nun durch die Methode des
ens corrigirt.

liesem Zwecke ist die Nadel nicht auf ihrem Hütchen befestigt, sondern nur aufgelegt, so dass man sie abheben, umkehren (d. h. die bis dahin nach oben gerichtete Fläche nach unten wenden) und dann wieder auflegen kann. In Fig. 353 stelle z. B. $ab$ die Lage einer horizontalen Magnetnadel dar, deren magnetische Axe in die Linie $dc$ fällt, so ist die Gradzahl, auf welche die Spitze $a$ der Nadel deutet, offenbar kleiner als der gesuchte Declinationswinkel. Legt man aber nun die Nadel in der angegebenen

Fig. 353.

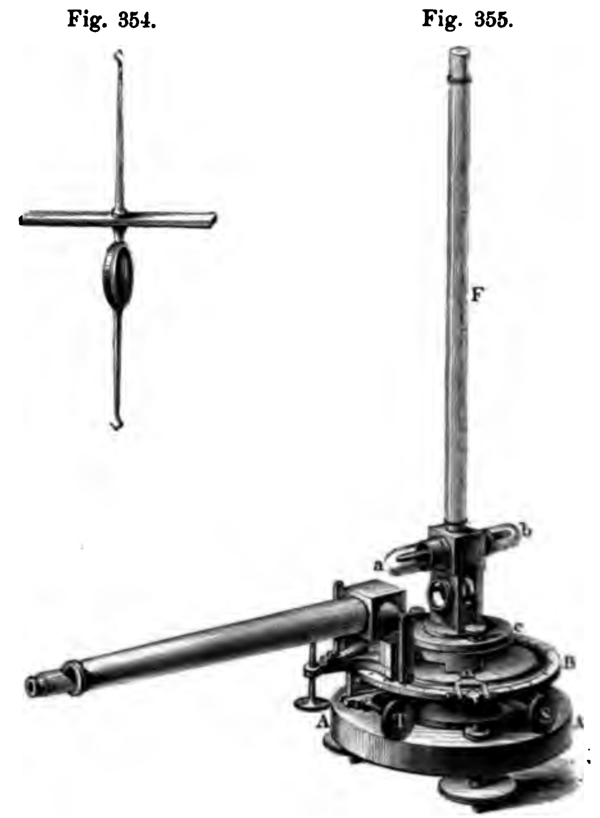



ı, so nimmt sie jetzt die Lage $a'b'$ an, und es deutet die Spitze
ıdel auf eine Gradzahl, welche um eben so viel zu gross ist, wie
r zu klein war; man erhält also den wahren Werth der Decli-
renn man aus den beiden Ablesungen bei $a$ und $a'$ das Mittel

Methode des Umlegens muss auch noch angewandt werden, wenn
absolute Declination eines Ortes mit Hülfe von Spiegel tragenden

Magneten bestimmt (Lehrbuch der Physik, 7. Aufl. Bd. II.), d
doch nicht wohl dahin bringen kann, dass die Ebene des Spiegel
rechtwinklig zu der magnetischen Axe des Magnetstabes ist.
steht sich von selbst, dass, wenn man die Methode des Umlegen
wendung bringen will, der Spiegel mit dem Magneten auf ein
änderliche Weise verbunden sein muss, so dass er bei dem Umk
umgedreht wird, mag sich nun der Spiegel am vorderen Ende d

Fig. 354. Fig. 355.

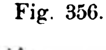


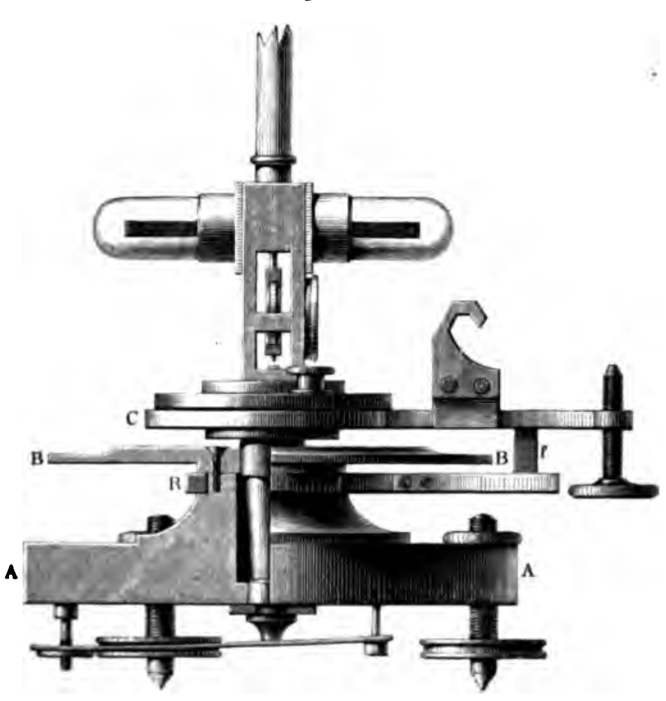

nets befinden oder an seiner Umdrehungsaxe; im letzteren Fall
sich natürlich der Spiegel in der einen Lage über, in der andere
dem Magneten befinden (Fig. 354).

Da es höchst wünschenswerth ist, dass die magnetischen Con
nicht allein für solche Orte mit Genauigkeit bestimmt werden, an
magnetische Observatorien errichtet worden sind, dass namentlic
auf wissenschaftlichen Reisen dergleichen Bestimmungen gemacht
so ist es höchst wichtig, dass die für solche Zwecke nöthigen Ap
möglichst vereinfacht, dass sie bei grosser Genauigkeit doch com

i leicht transportabel gemacht werden. In dieser Beziehung hat sich Allem **Lamont** durch die Construction seines **magnetischen Reise-**
**›odoliten** grosse Verdienste erworben.

Figur 355 ist eine perspectivische Ansicht von **Lamont's** mag-
tischem Theodoliten, wie er zu Declinationsbestimmungen dient. $AA$
eine massive messingene Platte, welche, mit drei Stellschrauben zum
›rizontalrichten versehen, auf ein passendes, in unserer Figur nicht
rgestelltes Stativ gestellt wird. Mit dieser Platte unveränderlich ver-
ınden ist die am Rande mit einem getheilten Silberringe versehene


Fig. 356.



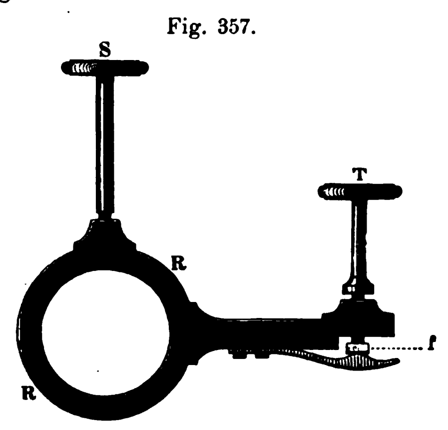

eibe $BB$. In Fig. 356 ist ein geometrischer Aufriss des Apparates
$^1/_2$ der natürlichen Grösse und zwar zum Theil im Durchschnitt dar-
tellt. Durch die Höhlung der Platte $AA$ hindurch geht eine ver-
le Axe, welche die Scheibe $C$ trägt. Die Scheibe $C$ kann in ihrer
›ne um diese verticale Axe gedreht werden, und diese Drehung mit
ıfe zweier Nonien (wovon der eine in Fig. 355 sichtbar ist), die an $C$
›stigt sind und an seiner Drehung Theil nehmen, auf dem getheilten
ıise $B$ abgelesen werden.

Die Scheibe $C$ trägt eine horizontale Verlängerung, welche als Fern-
rträger dient. Eine horizontale Axe, um welche sich das Fernrohr

drehen kann, wird durch eine messingene Feder (überhaupt kommt dem Magnetstäbchen am ganzen Apparat kein Eisen vor) von gegen den in Fig. 356 sichtbaren Haken angedrückt. Vor diesem befindet sich noch eine Messingplatte, welche in Fig. 356 der D keit wegen fortgeblieben ist, welche man aber in der perspecti Ansicht erkennt und welche dazu dient, eine seitliche Bewegu Fernrohraxe zu verhindern. Ferner geht von dieser das Fernro genden Verlängerung noch ein Stäbchen $f$ herab, welches zwisch Verlängerung des Ringes $R$ und eine an demselben angeschraubte M feder hineinpasst.

Dieser Ring $R$, welcher, um den Träger des getheilten Kreis umgelegt, um denselben sich frei drehen lässt, ist in Fig. 357 im ( riss dargestellt. Durch Anziehen der Klemmschraube $S$ wird der R festgestellt und d auch eine weitere drehung der Sche mit Allem, was befestigt ist, verhi Eine feinere Einst geschieht dann m der Stellschraube .

Fig. 357.




Auf die Scheil wird nun, nachden dieselbe mit Hülfe Wasserwage und de Stellschrauben der $A$ horizontal gestel das Magnetgehäus geschraubt. Der Raum, in welchem das Magnetstäbchen selbst s kann, wird durch zwei an den Enden zugeschmolzene Glasröhrche bildet. Es wird von einem durch die Messingröhre $F$, Fig. 355, h hängenden Seidenfaden getragen. Der Spiegel befindet sich unte des Magnets. Ihm gegenüber ist das Gehäuse, welches auch seit mit Glasplatten geschlossene Oeffnungen hat, mit einer Platte vo schliffenem Spiegelglas geschlossen.

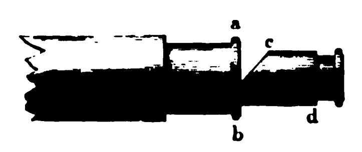
Der Magnet mit dem Spiegel hat die in Fig. 354 für sich abgebildete Einrichtung, wenn man sich das Stäbchen mit dem H wegdenkt, welches in Fig. 354 noch unter dem Spiegel angebracht i

Wenn man die Scheibe $C$ sammt dem Magnetgehäuse um ihre ticale Axe so dreht, dass die horizontale Axe der beiden Glasröhre ungefähr in den magnetischen Meridian zu stehen kommt, so kann der Magnet frei spielen und sich in den magnetischen Meridian einste Nehmen wir an, dass die Ebene des Spiegels genau rechtwinklig st auf der magnetischen Axe des Magnetstabes, so würde eine auf der E des Spiegels normale Linie die Richtung des magnetischen Merid

;eben. Die Normale der Spiegelebene wird bei der richtigen Stellung Apparates durch die Axe des Fernrohres bezeichnet, dessen eigenmliche Einrichtung aus Fig. 358 deutlicher zu ersehen ist.

Das Objectiv des Fernrohrs ist dem Spiegel zugewendet. Da wo vom Objectiv entworfene Bild entsteht, bei *ab*, Fig. 358, ist das Rohr ·ch eine Glasplatte verschlossen, auf welcher eine senkrechte und eine ;erechte feine Linie eingeritzt sind, welche die Stelle des Fadenkreuzes treten. Das Ocular steckt in der Hülse *cd*, welche von oben her zur Hälfte eingeschnitten ist, so dass man in diesen Einschnitten ein Spiegelchen legen kann. Dieser kleine Spiegel dient zur Erleuchtung des Fadenkreuzes. Ist der Apparat nahezu in die richtige Lage gebracht, so erblickt man, durch das Ocular schauend, den verticalen Strich ein-

Fig. 358.




l direct und dann noch sein Bild im Spiegel des Magnets. Mit Hülfe r Stellschraube *T* kann man es aber nun leicht dahin bringen, dass die iden Bilder des verticalen Striches zusammenfallen, und wenn dies der ll ist, so steht in der That die Axe des Fernrohrs normal auf der iegelebene; sie steht also im magnetischen Meridian, wenn die Spiegelme rechtwinklig steht auf der magnetischen Axe des Magnetstabes.

Ist auf diese Weise die Axe des Fernrohrs in die Ebene des magischen Meridians eingestellt, so wird der Nonius abgelesen, dann das gnetgehäuse vom Theodolit abgehoben und die Scheibe *C* sammt dem nrohre um die verticale Axe gedreht, bis die Visirlinie des Fernrohrs lem astronomischen Meridian steht, bis es also auf ein für den Beobachgsort bestimmtes Meridianzeichen gerichtet ist, und nun abermals der iius abgelesen. Der Unterschied dieser beiden Ablesungen ergiebt n die gesuchte Declination.

Wenn, wie es wohl meistens der Fall ist, für den Ort, wo das magsche Theodolit aufgestellt wurde, gerade kein Meridianzeichen vorden ist, so richtet man das Fernrohr auf irgend einen entfernten Punkt, sen Azimut für den Beobachtungsort entweder schon bekannt ist, oder genauen Karten ermittelt werden kann, und bestimmt also den Winwelchen der magnetische Meridian mit der nach dem fraglichen ; gerichteten Visirlinie macht.

So fand z. B. Lamont, als er am 7. October 1852 auf dem Schloss;e bei Freiburg sein Theodolit aufgestellt hatte und die Visirlinie Fernrohrs rechtwinklig auf der Ebene des Magnetspiegels stand, dass Nonius auf 308° 22,6′ zeigte. Nach Abnahme des Magnetgehäuses de das Fernrohr auf die Spitze des Kirchthurms von Langendenzlingen ;efähr zwei Stunden nördlich von Freiburg) gerichtet, und nun zeigte Nonius auf 278° 14,3′; der Unterschied der beiden Ablesungen bet also 30° 8,3′.

Den Generalstabskarten zufolge liegt die Visirlinie von dem Beobachtungspunkte auf dem Schlossberge nach dem Kirchthurme von Denzlingen noch 12⁰ 43′ östlich vom astronomischen Meridian; diese 12⁰ 43′ sind nun noch von 30⁰ 8,3′ abzuziehen, und so bleibt also für die Declination der Werth 17⁰ 25,3′.

Dies wäre der wahre Werth der Declination, wenn die Ebene des Spiegels absolut rechtwinklig auf der magnetischen Axe des Magnets stände, was mit voller Genauigkeit nie erreichbar ist. Der magnetische Reisetheodolit ist nicht so eingerichtet, dass man den Magnet umlegen und alsdann mittelst einer zweiten Messung den Collimationsfehler eliminiren kann; dagegen ist die Grösse dieses Fehlers durch genaue Messung in einem magnetischen Observatorium, für welches die Lage des magnetischen Meridians bereits ermittelt ist, ein- für allemal bestimmt. Für das fragliche Instrument, mit welchem Lamont die obigen Messungen ausführte, beträgt er + 14,5′, und diese sind noch zu 17⁰ 25,3′ zu addiren, um den wahren Werth der Declination für Freiburg zu finden, welcher demnach für den Herbst 1852 17⁰ 39,8′ war.

258 **Bestimmung der Inclination.** Die Inclination lässt sich nicht so leicht direct mit Genauigkeit bestimmen als die Declination, weil es ungemein schwierig ist, zuverlässige Inclinatorien zu construiren, weshalb denn auch diese Instrumente sehr kostspielig und für öfteren Transport wenig geeignet sind. Man hat deshalb auf mannigfache Weise versucht, die Inclination auf indirectem Wege zu bestimmen. Brugmann sprach zuerst die Idee aus, den durch den Erdmagnetismus im weichen Eisen inducirten Magnetismus zur Inclinationsbestimmung anzuwenden, und eine von Lloyd auf diese Idee gegründete Methode wurde bereits in meinem Lehrbuche der Physik (7. Aufl. Bd. II., S. 41) besprochen.

In anderer Weise hat Lamont die magnetische Induction im weichen Eisen benutzt, um an seinem magnetischen Reisetheodolit eine Vorrichtung zur indirecten Bestimmung der magnetischen Inclination anzubringen.

In Fig. 359 ist das Magnetgehäuse sammt der Inclinationsvorrichtung dargestellt. Auf das Magnetgehäuse wird zunächst eine Messingplatte aufgesetzt, welche eine Hülse *h* zum Einstecken eines Thermometers *t* trägt. Auf diese Scheibe wird der massive Messingring *NN* aufgesetzt, welcher, oben und unten eben abgeschliffen, überall möglichst von gleicher Dicke ist; dieser Ring trägt seitlich zwei Arme, von denen der eine aufwärts, der andere abwärts gerichtet ist.

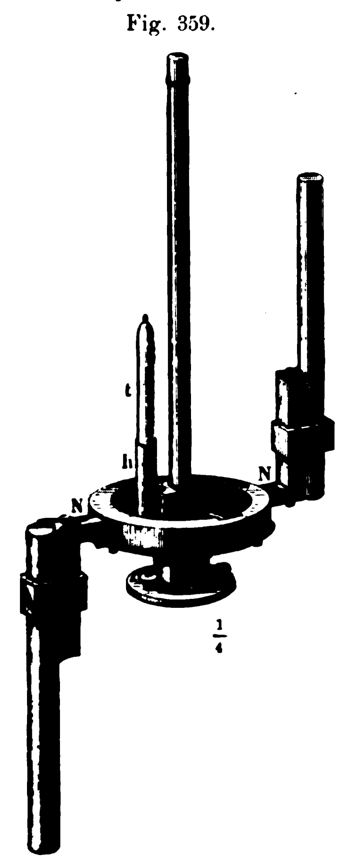
In diese zwei Arme werden zwei runde Stäbe von weichem Eisen eingesteckt und mittelst entsprechender Schrauben festgeklemmt.

Bevor man den Ring mit den Eisenstäben aufsetzt, wird das Instrument gerade so eingestellt, wie zu einer Declinationsbestimmung, d. h. so, dass, wenn man in das Fernrohr schaut, das durch den Magnetspiegel reflectirte Bild des verticalen Striches mit dem direct gesehenen zusammen-

Nun wird der Ring mit den Eisenstäben auf das Magnetgehäuse t, und zwar so, dass die Verticalebene der beiden Stäbe, durch die des Magnetstäbchens gehend, auf dem magnetischen Meridian rinklig steht.

n der Höhe des Magnetstäbchens befindet sich nun auf der einen ein Nordpol (das untere Ende des nach oben gekehrten Eisenstabes), auf der anderen ein Südpol (das obere Ende des nach unten gekehrten Eisenstabes), und diese beiden magnetischen Pole bewirken im gleichen Sinne eine Ablenkung des Magnetstäbchens aus dem magnetischen Meridian. Die Grösse dieser Ablenkung erfährt man, wenn man die Platte $C$, Fig. 355, sammt Allem, was darauf und daran befestigt ist, um ihre verticale Axe dreht, um dem abgelenkten Magnetstäbchen zu folgen, bis die Axe des Fernrohrs wieder rechtwinklig steht auf der Ebene des Magnetspiegels, bis also die beiden Bilder des verticalen Striches wieder zusammenfallen, wenn man in das Ocular des Fernrohrs hineinschaut.

Fig. 359.




Liest man jetzt den Nonius abermals ab, so giebt die Differenz dieser und der ersten Ablesung die Grösse des Winkels, um welchen das Magnetstäbchen durch den Einfluss des in den beiden Eisenstäben inducirten Magnetismus aus dem magnetischen Meridian abgelenkt worden ist. Wir wollen diesen Ablenkungswinkel mit $v$ bezeichnen und zunächst sehen, in welchem Zusammen- der Werth dieses Winkels $v$ mit der Inclination $i$ steht.

Es sei $X$ der horizontale und $Y$ der verticale Erdmagnetismus, so Kraft, mit welcher der horizontale Erdmagnetismus das um den el $v$ aus dem magnetischen Meridian abgelenkte Magnetstäbchen in lben zurückzuziehen strebt, gleich $X \sin. v$.

Der in den beiden Eisenstäben inducirte Magnetismus, also auch das ungsmoment, welches sie auf das Magnetstäbchen ausüben, ist aber rerticalen Erdmagnetismus proportional, dieses Drehungsmoment ist $KY$, wenn durch $K$ ein constanter Factor bezeichnet wird. Dieses

Drehungsmoment hält aber der Kraft das Gleichgewicht, mit welche horizontale Erdmagnetismus das abgelenkte Magnetstäbchen nach magnetischen Meridian zurückzieht; wir haben also

$$X . sin.\ v = K Y.$$

Setzt man die Inclination gleich $i$, so ist $Y = X . tang.\ i$, folglich

$$tang.\ i = \frac{1}{K}\ sin.\ v.$$

Man erhält also die Tangente der Inclination, wenn man den Sinu durch die verticalen eisernen Stäbe bewirkten Ablenkung mit einem stanten Factor $\frac{1}{K}$ multiplicirt, dessen Werth für ein bestimmtes von Eisenstäben dadurch ermittelt wird, dass man für denselben O einem zuverlässigen Inclinatorium die Inclination $i$ und an dem m tischen Theodolit die entsprechende durch die verticalen Eisenstäb wirkte Ablenkung $v$ abliest.

So fand Lamont im Jahre 1850 die Inclination in München g 64° 59,5′ und die entsprechende durch die Eisenstäbe am magneti Theodolit bewirkte Ablenkung gleich 20° 18.4′: es ist demnach

$$\frac{1}{K} = \frac{tang.\ 64° 59.5'}{sin.\ 20° 18{,}4'} = 6.177.$$

Ist einmal dieser Factor für ein bestimmtes Instrument mit stimmten Eisenstäben ermittelt, so reicht an einem anderen Orte an Beobachtung der Ablenkung $v$ hin, um aus derselben die entsprec Inclination zu berechnen. Im Jahre 1850 fand z. B. Lamont zu A fenburg mit seinem Instrumente die fragliche Ablenkung gleich 2 für Aschaffenburg wäre demnach

$$tang.\ i = 6{,}177\ .\ sin.\ (22° 1')$$

und darnach

$$i = 66° 38{,}5'.$$

Es ist bisher nur von einer einmaligen Beobachtung der durch inducirten Magnetismus der Eisenstäbe hervorgebrachten Ablenkung Rede gewesen; da aber die Eisenstäbe nie absolut frei von perman Magnetismus sind, so ist es nothwendig, die Beobachtung in der V zu vervielfältigen, dass dadurch ein vom permanenten Magnetismus rührender, sowie sonstige Fehler möglichst eliminirt werden; es gesch dies dadurch, dass man in der Stellung der Eisenstäbe gegen das M netstäbchen so viel Variationen macht als möglich.

Es stelle Fig. 360 die erste Stellung dar, für welche man die lenkung beobachtet hat, so erhält man eine entsprechende Ablenk nach der entgegengesetzten Seite, wenn man den Ring in seiner E um 180° dreht, so dass nun die Eisenstäbe in die Position Fig. 3 gegen die Magnetstäbchen kommen.

hrt man nun den Ring so um, dass die bisher untere Fläche die ird, so erhält man eine dritte Stellung der Eisenstäbe, Fig. 362, e vierte, Fig. 363, endlich, wenn man den Ring wieder in seiner .m 180° dreht.

. diesen vier Stellungen waren die Eisenstäbe stets in gleicher ingeklemmt; nun aber kann man jeden in seinem Halter umkehren, so dass die Stabenden *b* und *d* in die Horizontalebene des Magnetstäbchens kommen. Nach dieser Veränderung wiederholt man die Beobachtung in den eben besprochenen vier Stellungen und erhält so für die gesuchte Ablenkung acht Beobachtungen, aus denen man das Mittel nimmt.

Fig. 360.

Fig. 361.

Fig. 362.

Fig. 363.

Die Stärke der magnetischen Induction in den Eisenstäben ist von der Temperatur abhängig, ausserdem aber nimmt die Inductionsfähigkeit des weichen Eisens, welche unmittelbar nach dem Ausglühen am grössten ist, allmälig ab, und diese beiden Umstände machen bei der Berechnung der In-

Correctionen nöthig, welche nicht unbeachtet bleiben dürfen, auf grosse Genauigkeit ankommt. In Beziehung auf diese Cor- ı müssen wir auf die von Lamont in seiner „Beschreibung der Münchener Sternwarte verwendeten neuen Instrumente und Appa- gebene Auseinandersetzung verweisen.

**stimmung der horizontalen Intensität.** Die Methode, 259 ıan anzuwenden hat, um die horizontale Intensität nach abso- aasse zu bestimmen, ist bereits im Lehrburch der Physik be- worden. An seinem magnetischen Theodolit hat nun Lamont

diejenigen Vorrichtungen angebracht, welche zu einer solchen mung der Intensität nothwendig sind.

Die Bestimmung der Intensität nach absolutem Maass erford gesonderte Beobachtungen, nämlich 1) die Beobachtung der Abl welche ein Ma an einer Decli nadel bewirkt, die Beobachtu Schwingungen, das Ablenku chen unter dem des Erdmagn macht.

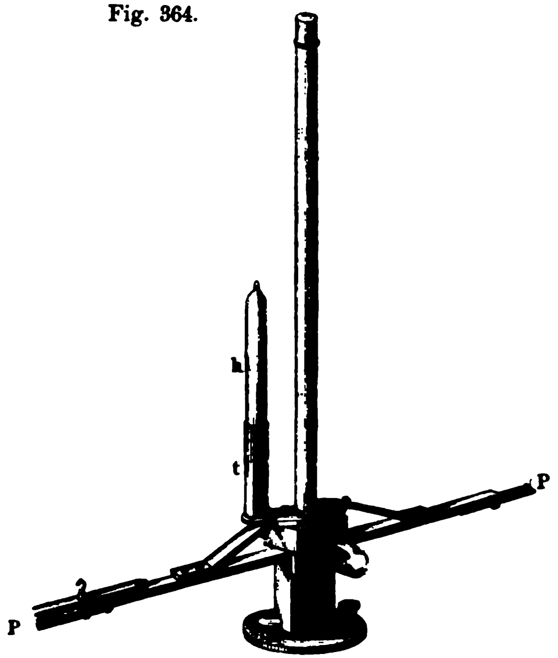


Fig. 364.

Für die Able versuche wird magnetischen T eine Ablenkung $PP$ aufgeset man es Fig. 36 und nachdem strument so ei worden ist, Axe des Fernr mal steht auf d des Magnetspie man für diese den Nonius a hat, wird nun der Ablenkungsmagnet an dem einen Ende der aufgelegt. — Damit er immer genau auf dieselbe Stelle kommt der Schiene, wie man Fig. 365 sieht, welche das eine Ende der in grösserem Maassstabe darstellt, ein und am Ende derselben eine kleine befestigt, welche genau in zwei Löcher netstäbchens passen.

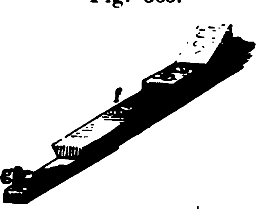


Fig. 365.

Hat man die dieser Stellung des entsprechende Ablenkung abgelesen, der Ablenkungsmagnet so umgelegt, d Nordpol dahin kommt, wo eben sein Sü und umgekehrt, und abermals die n entgegengesetzter Seite gerichtete Ablenkung abgelesen. Ist schehen, so wird der Ablenkungsmagnet auf das entgegengesetzt der Ablenkungsschiene gebracht und für die dort möglichen Stellungen des Ablenkungsmagnets ebenfalls die entsprechende kung abgelesen. So erhält man für die Ablenkung vier Wert denen das Mittel genommen und in Rechnung gebracht wird.

mmtlänge der Ablenkungsschiene beträgt 34, die Länge
gsmagnets beträgt 8 Centimeter.

:hwingungsver-
hen, wird der
gnet mittelst
ehten Seiden-
m messingenen
igur 366, auf-
den Magnet
Luftströmun-
zen, wird das
n in ein Holz-
ingesetzt, wel-
iner Glasplatte
d. Unsere Fi-
ganze Vorrich-
er natürlichen
zwar gerade in
hschnitten. Die
Glasplatte ist
durchbohrt, so dass das Messingstäbchen und der die Nadel tragende Faden hindurchgeht. Um den Rand dieser Oeffnung ist ein Schraubengewinde aufgekittet, auf welches die Messinghülse *h* aufgeschraubt wird, durch welche auch der Seidenfaden vor störendem Luftzug geschützt ist.

Fig. 366.




Eine Combination der Ablenkungs- und Schwingungsversuche zur Berechnung der Intensität nach absolutem Maass wandte jedoch **Lamont** auf Reisen nie an, sondern er machte entweder nur Ab-
r nur Schwingungsbeobachtungen und berechnete die In-
Vergleichung mit den entsprechenden in dem Münchener
angestellten Beobachtungen.

und $v$ die zusammengehörigen Werthe der horizontalen
der Ablenkung, so haben wir

$$\frac{M}{T} = r^3 \, tang. \, v \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1),$$

tärke des Stabmagnetismus bezeichnet. Für einen anderen
orizontale Intensität $T'$ ist, sei die entsprechende durch
etstäbchen an demselben Instrument bewirkte Ablenkung

$$\frac{M}{T'} = r^3 \, tang. \, v' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 2),$$



theodolit und demselben Magnetstäbchen ergab sich z
eine Ablenkung von 51° 50′, die horizontale Intensität
burg ist demnach

$$T' = 1{,}952 \cdot \frac{tang.\ 49^0\ 50'}{tang.\ 51^0\ 50'} = 1{,}859.$$

Für die genaue Berechnung der horizontalen Int
gleichfalls Correctionen wegen der Temperatur u. s. w
hier nicht weiter besprochen werden können.

260 **Die magnetischen Constanten verschied**
neuerer Zeit sind nicht allein zahlreiche magnetische
richtet, sondern es sind auch durch magnetische Exped
netischen Constanten an den verschiedensten Orten de
worden. In Deutschland ist namentlich Lamont seit
müht, die magnetischen Constanten verschiedener Orte z
hat die Resultate magnetischer Excursionen in einem
„Magnetische Ortsbestimmungen, ausgeführt a
Punkten des Königreichs Baiern und an einigen andere
chen 1854," publicirt.

In den Jahren 1856 und 1857 unternahm Lamont
Expedition nach Frankreich und Spanien; im Jahr
solche nach dem nördlichen Deutschland, Belgie
Dänemark. Den Bericht über diese Reisen und die Re
hat er in seinen „Untersuchungen über die Richtung
Erdmagnetismus u. s. w., München 1858 und 1859" n
folgende Tabelle enthält die magnetischen Constanten
von Orten, für welche sie am genauesten bestimmt

| … des Ortes. | Jahr. | Declination. | Inclination. | Horizontale Intensität. |
|---|---|---|---|---|
| **I. Deutschland und dazu gehörige Länder.** | | | | |
| …urg . . . . . | 1850 | 17° 28,6′ | 66° 43,4′ | 1,855 |
| . . . . . . . . | 1850 | 16 15,0 | 65 14,9 | 1,937 |
| . . . . . . . . | 1845 | 16 32,0 | 67 35,0 | 1,780 |
| . . . . . . . . | 1845 | 17 20,0 | 64 56,0 | 1,950 |
| . . . . . . . . | 1850 | 17 30,3 | 66 8,4 | 1,891 |
| . . . . . . . . | 1850 | 17 9,9 | 66 59,4 | 1,820 |
| . . . . . . . . | 1850 | 17 39,3 | 65 28,4 | 1,934 |
| . . . . . . . . | 1845 | 17 43,0 | 67 32,0 | 1,785 |
| …tadt . . . . . | 1845 | 10 6,0 | 61 21,0 | 2,171 |
| . . . . . . . . | 1845 | 12 15,0 | 65 27,0 | 1,931 |
| . . . . . . . . | 1850 | 15 43,8 | 67 5,0 | 1,831 |
| . . . . . . . . | 1845 | 17 0,0 | 63 13,0 | 2,037 |
| . . . . . . . . | 1850 | 17 40,4 | 67 17,8 | 1,824 |
| . . . . . . . . | 1850 | 16 13,6 | 65 24,9 | 1,925 |
| . . . . . . . . | 1850 | 16 19,5 | 65 54,8 | 1,902 |
| . . . . . . . . | 1845 | 12 52,0 | 63 20,0 | 2,036 |
| . . . . . . . . | 1850 | 14 38,3 | 66 52,0 | 1,892 |
| . . . . . . . . | 1850 | 17 35,6 | 66 20,8 | 1,881 |
| . . . . . . . . | 1845 | 14 4,0 | 64 22,0 | 2,036 |
| . . . . . . . . | 1850 | 13 33,5 | 64 22,0 | 1,995 |
| **… Grossbritannien, Frankreich, Belgien, Holland.** | | | | |
| . . . . . . . . | 1850 | 20° 40,7′ | 67° 54,8′ | 1,771 |
| . . . . . . . . | 1845 | 27 0,0 | 69 41 | 1,689 |
| … . . . . . . . | 1850 | 22 29,5 | 68 48,0 | 1,739 |
| . . . . . . . . | 1845 | 20 52,0 | | 1,723 |
| . . . . . . . . | 1850 | 20 35,8 | 66 42,2 | 1,858 |
| **III. Russland und die skandinavischen Länder.** | | | | |
| . . . . . . . . | 1842 | — 8° 25′ | 70° 7′ | 2,051 |
| …burg . . . . | 1842 | — 6 39 | 69 53 | 1,838 |
| … . . . . . . . | — | + 19 50 | 72 7 | 1,547 |
| . . . . . . . . | — | — 5 50 | 74 18 | 1,571 |
| . . . . . . . . | — | — 1 38 | 68 14 | 2,134 |
| . . . . . . . . | 1842 | — 3 24 | 68 22 | 1,877 |
| . . . . . . . . | — | + 3 2 | 68 57 | 1,762 |
| …k . . . . . . | 1842 | + 3 44 | 67 8 | 2,206 |
| …g . . . . . . | 1842 | + 6 21 | 71 0 | 1,658 |
| . . . . . . . . | — | + 43 14 | 77 0 | . . . . |
| …n . . . . . . | — | + 25 12 | 81 11 | 0,836 |
| . . . . . . . . | 1845 | + 1 32 | | 2,554 |

### IV. Südeuropa.

| Namen des Ortes. | Jahr. | Declination. | Inclination. |
|---|---|---|---|
| Gibraltar | 1840 | 21° 40′ | 59° 40′ |
| Palermo | 1835 | 16 3 | 57 16 |

### V. Afrika.

| Namen des Ortes. | Jahr. | Declination. | Inclination. |
|---|---|---|---|
| Algier | 1842 | 18° 35′ | + 57° 21′ |
| Cap der guten Hoffnung | 1842 | 29 13 | — 53 20 |
| St. Helena | 1842 | 23 32 | — 21 52 |
| Port Louis (Mauritius) | 1845 | 9 44 | — 53 56 |

### VI. Südasiatische Länder.

| Namen des Ortes. | Jahr. | Declination. | Inclination. |
|---|---|---|---|
| Bombay | 1845 | . . . . . | + 18° 12′ |
| Macao | 1841 | — 0 35 | + 30 1 |
| Madras | 1837 | . . . . . | + 6 52 |
| Manilla | 1840 | — 0 18 | + 16 27 |
| Peking | | + 1 48 | + 54 49 |
| Singapore | 1841 | — 1 39 | — 12 1 |

### VII. Nordamerika.

| Namen des Ortes. | Jahr. | Declination. | Inclination. |
|---|---|---|---|
| Acapulco | 1838 | — 8° 23′ | + 37° 57′ |
| Albany | 1840 | + 6 58 | 74 48 |
| Buffalo-See | 1837 | + 1 25 | 74 38 |
| Cambridge | 1840 | + 9 12 | 74 19 |
| Cincinnati | 1840 | — 4 46 | 70 27 |
| Fort Vancouver | 1839 | — 19 22 | 69 22 |
| Hudson | 1840 | — 1 52 | 72 48 |
| Mont-Real | 1835 | + 9 50 | 77 9 |
| New-York | 1840 | + 5 34 | 72 39 |
| Port Etches | 1837 | — 31 38 | 76 3 |
| Santa Barbara | 1839 | — 13 28 | 58 54 |
| San Francisco | 1838 | — 15 20 | 62 0 |
| Sitka | 1845 | — 28 53 | 75 51 |
| St. Louis | 1835 | — 8 49 | 69 28 |
| Washington | 1842 | + 1 24 | 71 14 |

| Namen des Ortes. | Jahr. | Declination. | Inclination. | Horizontale Intensität. |
|---|---|---|---|---|
| | | **VIII. Südamerika.** | | |
| ia . . . . . . . . . . | — | + 4° 18′ | + 5° 24′ | 3,036 |
| ao . . . . . . . . . . | 1838 | — 10 44 | — 6 14 | 3,403 |
| oe . . . . . . . . . . | — | — 18 0 | — 49 26 | 2,975 |
| opagos-Insel . . . . | 1839 | — 9 30 | + 9 29 | . . . |
| te-Video . . . . . . | — | — 12 0 | — 35 40 | 3,009 |
| ama . . . . . . . . . | 1837 | — 7 2 | + 31 52 | 3,575 |
| ambuco . . . . . . | — | + 5 54 | + 13 13 | . . . |
| Janeiro . . . . . . | — | — 2 8 | — 13 30 | . . . |
| araiso . . . . . . . | — | — 15 18 | — 39 7 | . . . |
| | | **IX. Australien.** | | |
| land-Insel . . . . . | 1841 | — 15° 29′ | — 73° 10′ | 1,893 |
| of Island (Neu-Seeland) . . . . . . . . | 1842 | — 13 36 | — 59 32 | . . . |
| artown . . . . . . | 1846 | — 9 55 | — 70 36 | 2,070 |
| g George's Sound . . | 1845 | — 5 33 | — 65 4 | . . . |
| t Venus (Otaheiti) . | 1840 | — 6 30 | — 30 18 | 3,417 |
| t Louis (Falklands inseln) . . . . . . . | 1842 | — 17 36 | — 52 26 | . . . |
| ney . . . . . . . . | 1842 | — 9 51 | — 62 49 | 2,712 |

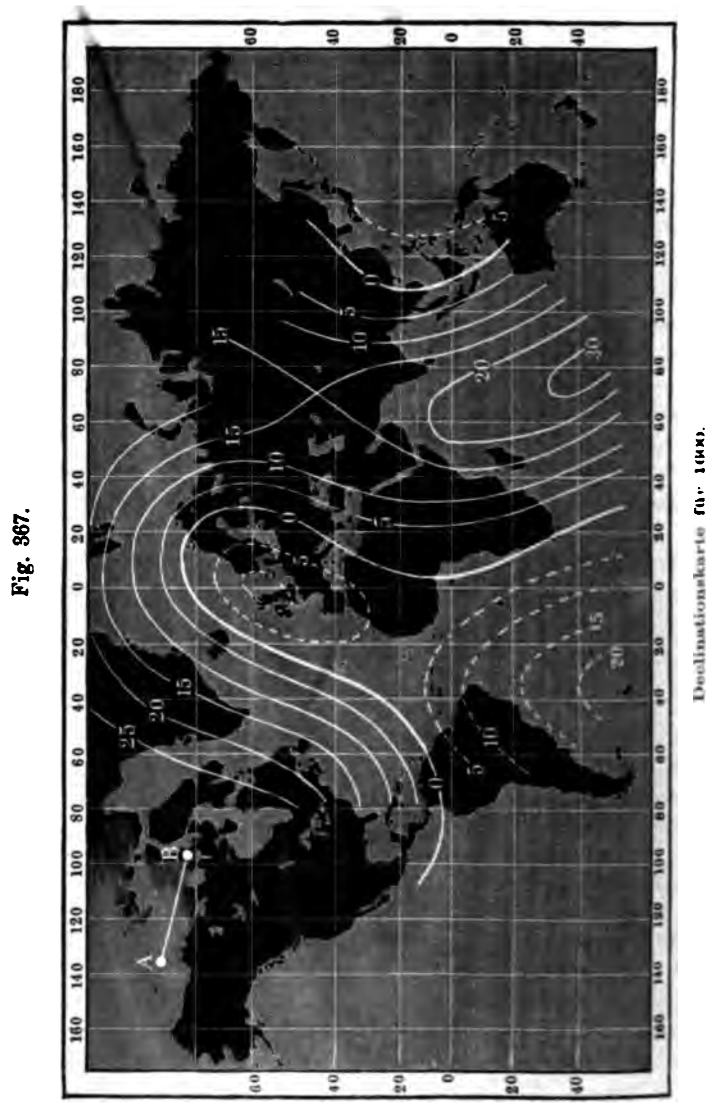
In dieser Tabelle bezeichnet — eine östliche Declination und eine süde Inclination, das Zeichen + dagegen oder kein Vorzeichen westliche lination und nördliche Inclination.

**Magnetische Curven.** So wie durch die Isothermen die Ver- 261 ilung der Wärme auf der Erdoberfläche anschaulich gemacht wird, so en sich auch die magnetischen Verhältnisse durch entsprechende Cursysteme darstellen. Die Wirkung, welche der Erdmagnetismus an end einem Orte der Erde ausübt, ist durch Declination, Inclinan und Intensität bestimmt und dem entsprechend hat man auf Karten i verschiedene Systeme magnetischer Curven aufgetragen, welche man isogonischen, die isoklinischen und die isodynamischen gent hat.

Die isogonischen Linien sind diejenigen, für welche in allen akten die Declination dieselbe ist; solche Karten, in welche man die gonischen Linien aufgetragen hat, nennt man Declinationskarten.

Die erste Karte der Art hatte Halley im Jahre 1700 construirt. In einem Werke, welches im Jahre 1819 unter dem Titel „Untersuchungen über den Erdmagnetismus" erschien, publicirte Hansteen eine Reihe von Declinationskarten, welche er nach dem vorhandenen Beob-

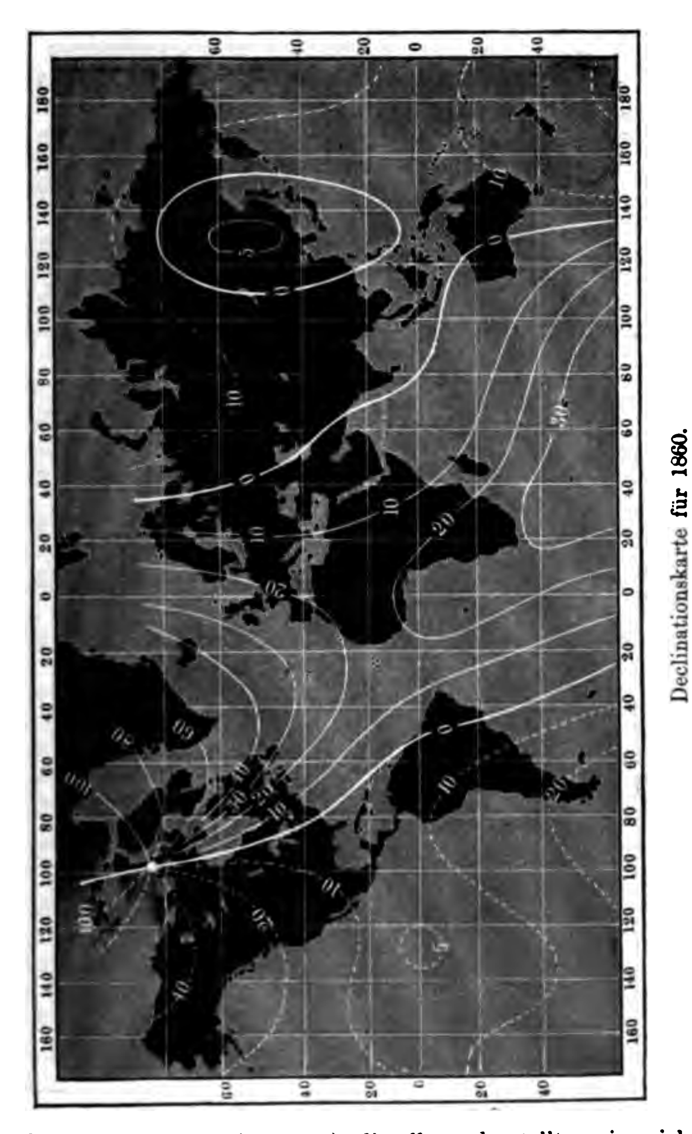
Fig. 367.



Declinationskarte für 1600.

achtungsmaterial für verschiedene Zeitpunkte, unter anderen auch für die Jahre 1600, 1700 und 1800 construirt hatte. Die Vergleichung dieser Karten zeigt deutlich, wie sich die Lage der isogonischen Linien im Laufe der Zeit verändert. Fig. 367 ist eine verkleinerte Copie der

:een'schen Declinationskarte für das Jahr 1600. Die punktirten
ı sind Linien gleicher östlicher Declination. Die nach Graden
sene Grösse der Declination ist jeder Curve beigeschrieben.
'ig. 368 stellt den Lauf der isogonischen Linien für das Jahr 1860



Declinationskarte für 1860.

während Fig. 369 (a. f. S.) dieselben darstellt, wie sich ihr
aus den nach der Gauss'schen Theorie des Erdmagnetismus
t, von welcher alsbald die Rede sein wird. — Die Karten
367 bis 369 stellen die Erdoberfläche in Merkatorprojection

**vom 80. Grade nördlicher bis zum 60. Grade südlicher Breite. Solche Karten können der Natur der Sache nach die beiden E nicht enthalten. Will man den Verlauf der isogonischen Linien i Nähe der Pole verfolgen, so muss man Karten in Polarprojectio**

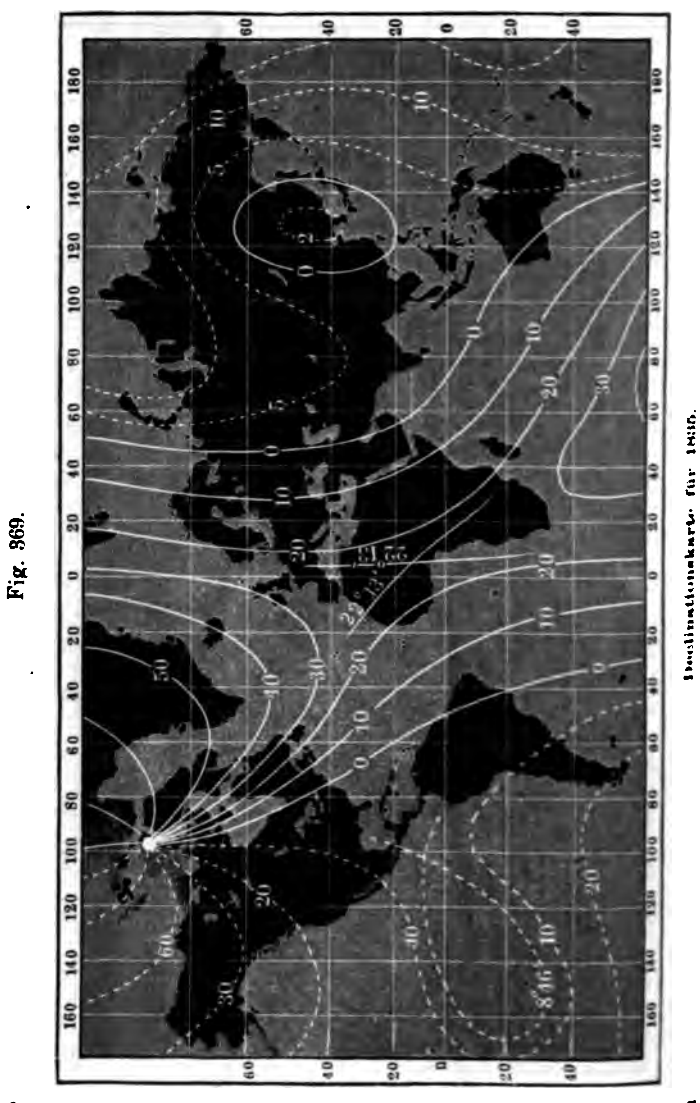


Fig. 369.

Declinationskarte für 1836.

**wenden,** wie die Karten Fig. 370 und 371 auf S. 742, deren eine die U gebungen des Nordpols, die andere die Umgebungen des Südpols bis z 60. Breitegrade mit den isogonischen Linien für 1835 darstellt.

Eine Linie ohne Abweichung, d. h. eine solche Linie, auf welch

erall die Richtung der horizontalen Magnetnadel mit der Richtung des tronomischen Meridians zusammenfällt, schnitt 1835 die östliche Spitze n Südamerika ab, lief östlich von Westindien durch den atlantischen ean, um in der Gegend von Philadelphia in den Continent von Ameca einzutreten und durch die Hudsonsbai hindurch zu laufen; dann paste diese Linie ohne Abweichung den magnetischen und den astronomien Nordpol der Erde, trat östlich vom weissen Meere in den Contint der alten Welt ein, ging durch das caspische Meer, schnitt die tspitze von Arabien ab, wandte sich dann nach Neuholland, um endh durch den magnetischen und astronomischen Südpol der Erde in sich bst zurückzulaufen.

In der Karte Fig. 369 erscheinen zwei Stücke dieser Linie getrennt n einander; die Verbindungsstücke dieser beiden Theile kann man auf n Karten Fig. 370 und 371 verfolgen.

Diese Linie ohne Abweichung, welche um die ganze Erde herumıft, theilt die Erdoberfläche in zwei Theile; auf der einen Hälfte, nämh auf dem atlantischen Ocean, in Europa und Afrika, ist die Abweiıng der Magnetnadel überall eine westliche; auf der anderen Hälfte die Abweichung östlich, mit Ausnahme einer kleinen Strecke im östıen Asien und dem angränzenden Meere, denn hier findet sich eine eite in sich selbst zurücklaufende Linie, für welche die Abweichung ll ist, und auf dem durch diese Curve eingeschlossenen Raume ist die weichung wieder westlich.

In der Nähe der Pole bilden die isogonischen Linien ein ziemlich nplicirtes System, indem sie in zwei Punkten, nämlich in dem magnechen und in dem astronomischen Pole, zusammenlaufen; dies rührt och nicht daher, dass die magnetischen Erscheinungen in jenen Gegen ı so complicirt sind, sondern nur daher, dass bei der Bestimmung der clination ein dem Magnetismus selbst eigentlich ganz fremdes Element, mlich die Richtung des astronomischen Meridians, in Betrachtung zu hen ist; durch diese Einmischung geht die Einfachheit verloren. Der gnetische Pol, in welchem alle isogonischen Linien zusammenlaufen, allerdings ein magnetisch ausgezeichneter Punkt; denn denken wir s ganz in der Nähe dieses Pols um denselben einen Kreis gezogen, wird für alle Punkte dieses Kreises die horizontale Magnetnadel nach sem Pole hin gerichtet sein; der Nordpol und der Südpol der Erde d aber durchaus keine magnetisch ausgezeichneten Punkte, obgleich isogonischen Linien sich in diesen Polen schneiden; sehen wir nun, her dieses kommt. Auf dem Nordpole selbst fällt die Richtung der rizontalen Magnetnadel sehr nahe mit der Richtung des 60. Längenades zusammen; in der Nähe dieses Pols rings um denselben herum rd nun die Magnetnadel fast ganz dieselbe Richtung haben, rings um ı Pol herumgehend wird man aber deshalb der Reihe nach alle möghen Werthe der Declination finden, weil alle Mittagslinien nach dem le convergiren; eine und dieselbe Richtung der Magnetnadel macht

Fig. 370.

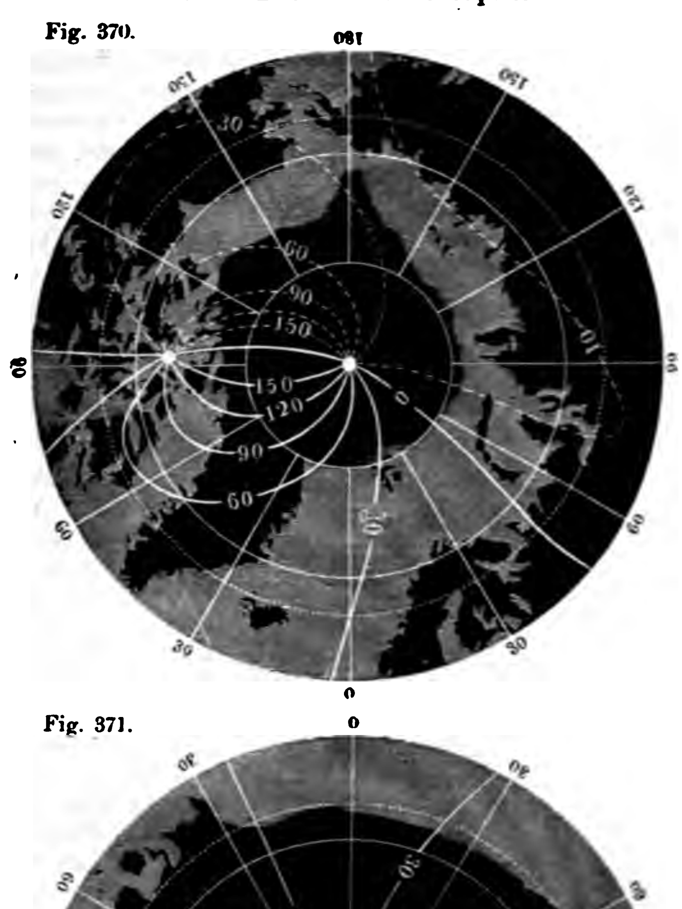
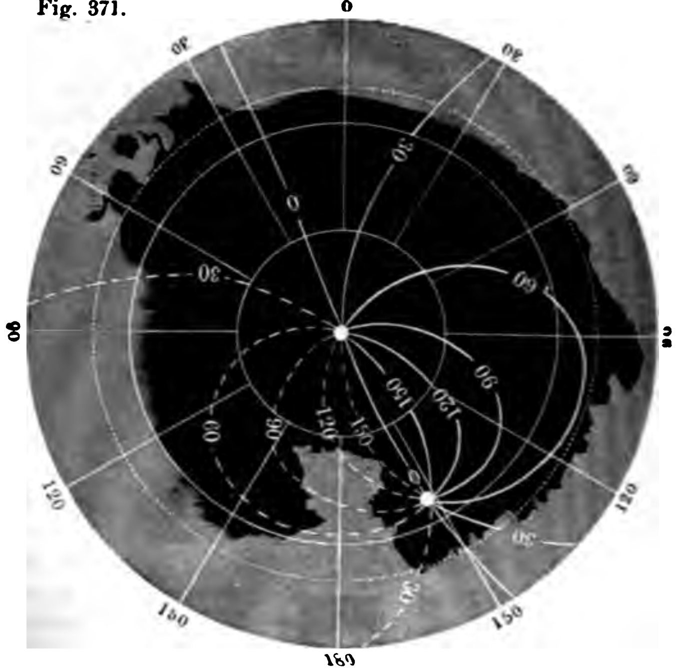



Fig. 371.



ɔ verschiedene Winkel mit den von allen Seiten her nach dem Pole ammenlaufenden Meridianen.

Diese scheinbare Verwickelung verschwindet, wenn man zur Dar-llung der Declinationsverhältnisse der Erdoberfläche ein anderes Cur-ısystem wählt, wie es Duperrey bei der Construction seiner magne-chen Meridiane und Parallelen gethan hat.

Denken wir uns, dass man von irgend einem Orte ausgehend in der :htung reiste, nach welcher das Nordende der Magnetnadel hinweist, d dass man dann stets der Richtung der Declinationsnadel folgt, so :d der Weg, den man zurücklegt, ein magnetischer Erdmeridian n. Von Brüssel ausgehend, würde man auf diese Weise östlich von gland, Schottland und Island vorbeikommen und durch Grönland nach othia Felix gelangen. Von St. Helena ausgehend käme man auf diese ›ise nach dem grünen Vorgebirge, über die canarischen Inseln und die oren an der Südspitze von Grönland vorbei, endlich ebenfalls, nach ɔthia Felix, wie man dies leicht auf der Karte Tab. XXIV. verfolgen ın, auf welche eine Reihe von magnetischen Erdmeridianen nach Du-rrey aufgetragen sind, dessen Karten die magnetischen Meridiane für 36 darstellen.

Tab. XXV. enthält die magnetischen Meridiane für die Umgebungen Nordpols, Tab. XXVI. für die Umgebungen des Südpols.

In diese Karten sind ausserdem noch die Linien ohne Ablenkung h den Gauss-Weber'schen Karten eingetragen, und diejenigen Gegen-ı blau angelegt, an welchen die Declination eine westliche ist.

Die magnetischen Meridiane geben unmittelbar die Richtung der :linationsnadel für diejenigen Orte an, durch welche sie laufen. So en wir aus dem Laufe der entsprechenden Curve, dass zu Brüssel (1836) Declination eine westliche ist, dass ungefähr unter dem 76. Grade dlicher Breite an den Westküsten von Grönland die Nadel gerade nach sten zeigt, und dass in Port Bowen dasselbe Ende der Declinations-lel, welches wir das Nordende nennen, nach Südwesten, dass es auf Melville-Insel nach Südosten gerichtet ist.

Alle magnetischen Erdmeridiane laufen in dem magnetischen rdpole, und dann wieder in dem magnetischen Südpole der Erde zu-ımen.

Solche Curven, welche das System der magnetischen Meridiane stets htwinklig durchschneiden, nennt Duperrey magnetische Paral-e. In unseren Karten finden sich auch einige derselben eingetragen.

Die Linien ohne Abweichung laufen natürlich durch die nördlichen l durch die südlichen Wendepunkte der magnetischen Parallele, und ch die östlichen und westlichen Wendepunkte der magnetischen Me-iane.

Die Karte Fig. 372 (a. f. S.) stellt den Lauf der isoklinischen nien für 1860 dar. Die isoklinischen Linien verändern sich im ıfe der Zeit wie die isogonischen. Der jetzige Lauf der isoklinischen

Linien weicht schon bedeutend von der Lage der entsprechenden Linien auf der von Hansteen für 1780 construirten Inclinationskarte ab. Es ist dies die früheste Periode, für welche hinlängliches Material zur Con-

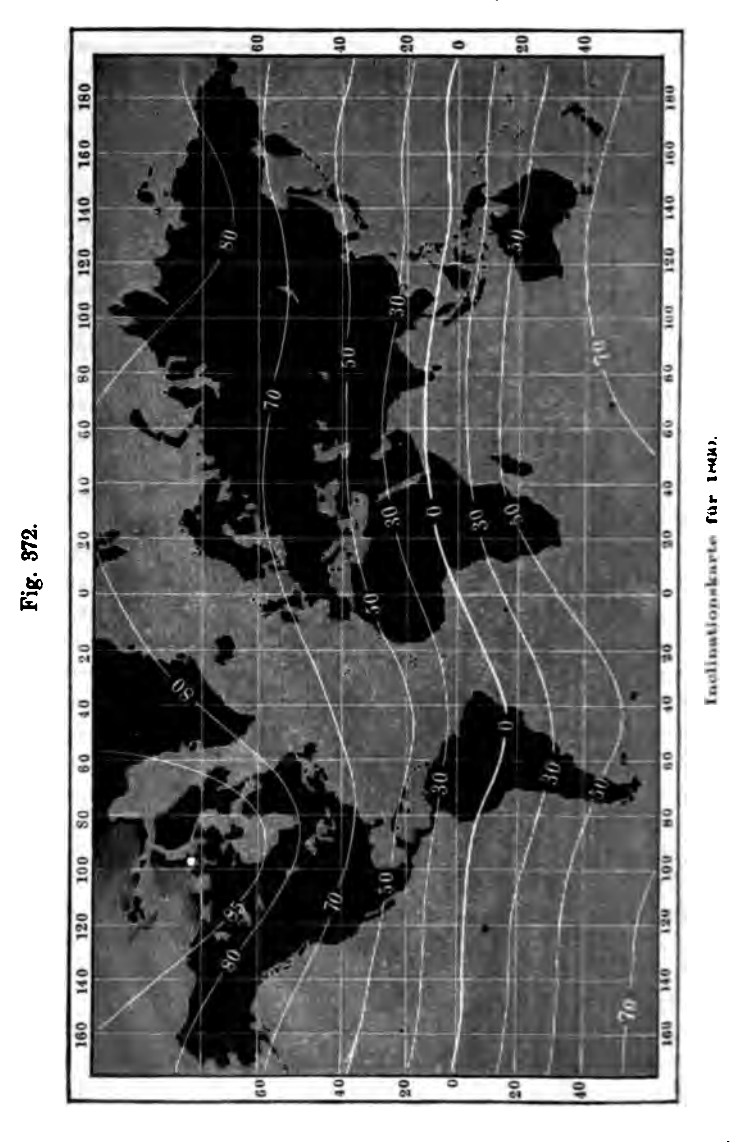


Fig. 372.

Inclinationskarte für 1[illegible].

struction einer über einen grösseren Theil der Erde sich erstreckenden Inclinationskarte vorliegt.

Die Linie auf der Erdoberfläche, für welche die Inclination gleich 0 ist, auf welcher also die Inclinationsnadel wagerecht steht, ist der auf-

;ische Aequator. Nördlich vom magnetischen Aequator ist das 'dende, südlich von demselben ist das Südende der Inclinationsnadel h unten gerichtet.

Die magnetischen Pole der Erde sind diejenigen Stellen der Erdrfläche, auf welchen die Inclinationsnadel vertical steht, wo also der izontale Antheil der magnetischen Erdkraft ganz verschwindet. Solr magnetischer Pole giebt es zwei auf der Erdoberfläche, nämlich en nördlichen und einen südlichen. Nach der Gauss'schen Theorie t (für 1835) der nördliche magnetische Pol 3⁰ 30′ nördlich von dem e, wo ihn der Capitain Ross fand; beim südlichen magnetischen Pole d man, wie Gauss bemerkt, wohl noch eine bedeutend grössere Verebung zu erwarten haben.

Man kann sich über diese Differenzen zwischen der Rechnung und Beobachtung nicht wundern, wenn man bedenkt, dass die Data, welche iss zur Ausführung seiner Theorie zu Grunde legen konnte, selbst ır oder weniger ungenau sind, dass die Angaben verschiedener Beobter für einen und denselben Ort oft zu bedeutend differiren, als dass ı annehmen könnte, diese Unterschiede seien den Veränderungen der nagnetischen Kraft im Laufe der wenigen Jahre zuzuschreiben, welche schen den Beobachtungszeiten beider liegen.

Die Grösse der entsprechenden Inclination ist jeder Curve unserer aren beigeschrieben. Der magnetische Nordpol ist in Fig. 372 ch einen stärkeren weissen Punkt bezeichnet. Die magnetischen Pole . dieselben Punkte, in welchen die Declinationscurven in Fig. 370 371 zusammenlaufen.

Die beiden magnetischen Pole der Erde liegen einander nicht diaral gegenüber, d. h. eine die beiden Pole verbindende gerade Linie t nicht durch den Mittelpunkt der Erde, sondern diese Linie bildet Sehne, welche von dem durch diese Sehne und den Erdmittelpunkt gten grössten Kreise einen Bogen von 161⁰ 13′ abschneidet.

In der Karte Fig. 373 sind die isodynamischen Linien nach den echneten Werthen der ganzen Intensität für 1835 aufgetragen. ı sieht, dass es auf der nördlichen Halbkugel zwei Orte giebt, an chen die Intensität ein Maximum, d. h. grösser ist als in allen rund ım gelegenen Orten; ein solches Maximum der Intensität findet sich Nordamerika etwas westlich von der Hudsonsbai, Fig. 373, ein zweiim nördlichen Asien. Dieser Umstand hat einige Gelehrte veranlasst, Existenz von zwei magnetischen Polen auf der nördlichen Halbkugel unehmen; um zu entscheiden, ob dies wirklich der Fall ist, muss man allen Dingen feststellen, was man unter einem magnetischen Pole Erde versteht. Gewöhnlich nennt man, wie wir es auch gethan en, diejenigen Orte der Erdoberfläche magnetische Pole, an welchen horizontale Theil der Erdkraft verschwindet; man könnte aber unter m magnetischen Pole auch eine solche Stelle verstehen, für welche Intensität des Magnetismus ein Maximum ist. Diese beiden Begriffe

**sind aber nun durchaus nicht identisch, es kann an einem Orte die h rizontale Composante des Erdmagnetismus verschwinden, die Inclinatio nadel kann sich vertical stellen, ohne dass deshalb hier auch ein Ma mum der Intensität zu finden ist; umgekehrt kann an einem Orte die I**

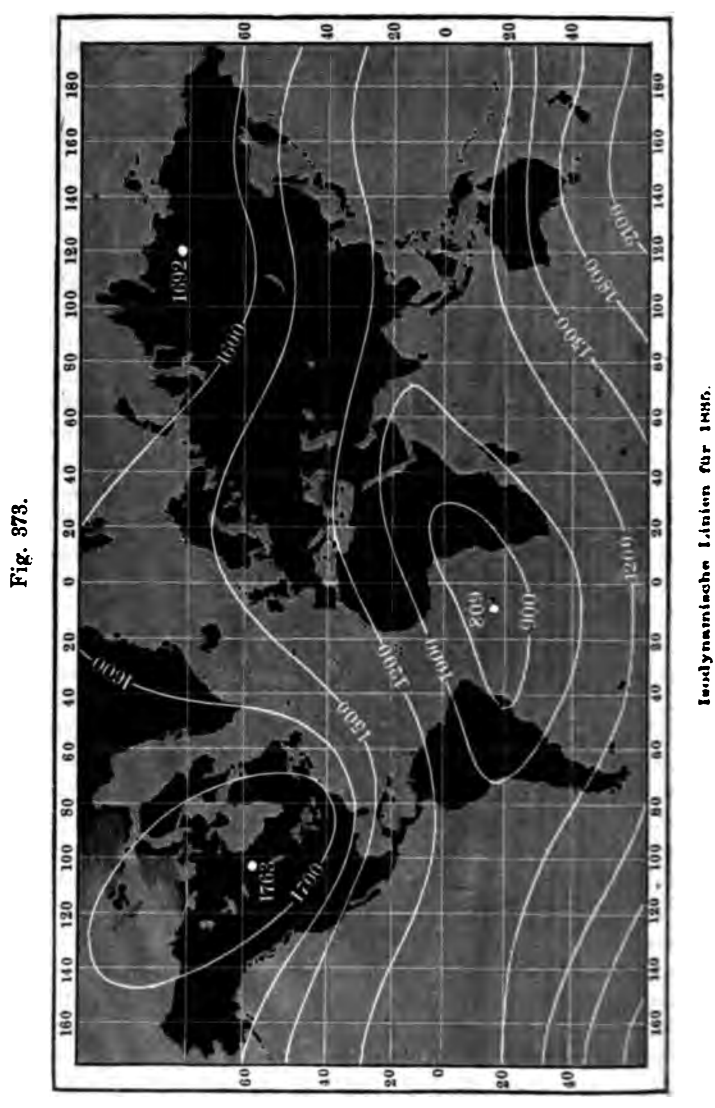



Fig. 373.

Isodynamische Linien für 1885.

tensität des Erdmagnetismus sehr wohl ein Maximum sein, ohne dass s die Inclinationsnadel vertical stellt.

Nimmt man das Wort Pol im gewöhnlichen Sinne, so giebt es e einen magnetischen Nordpol. An diesem Pole ist die Intensität des Er

tismus kein Maximum; an den beiden Orten aber, für welche die
tät ein Maximum ist, stellt sich die Inclinationsnadel nicht verti-
se Orte sind also nach unserer Begriffsbestimmung keine magne-
Pole.

ie den isodynamischen Linien beigeschriebenen Zahlen geben den
der Intensität nicht nach absolutem Maasse, sondern nach der
üblichen willkürlichen Einheit an, nach welcher die Intensität
ndon 1,372 ist; nur sind diese Zahlen, um Brüche zu vermeiden,
nit 1000 multiplicirt. Um die Zahlen unserer Karte auf das
e Maass zu reduciren, sind sie nur mit 0,0034941 zu multi-
ı.

**amont's magnetische Karten.** Um den Verlauf der mag- **262**
en Curven genauer zu verfolgen, muss man denselben in Special-
von Ländern eintragen, für welche möglichst zahlreiche und ge-
ıagnetische Ortsbestimmungen vorliegen, wie dies Lamont in sei-
ıgnetischen Karten von Deutschland und Bayern (München 1854)
hat.

ı Fig. 374 ist die Lamont'sche Declinationskarte von Deutsch-
kleinerem Maassstabe wiedergegeben. Die durch München gehende,
ınd unten mit 0 bezeichnete Curve verbindet alle Orte, welche mit
en gleiche Declination haben. Die nach Westen hin zunächst lie-
mit + 1° bezeichnete geht über diejenigen Orte, deren westliche
ıtion um 1° grösser ist als die Declination von München; ebenso
chen die mit + 2°, + 3° u. s. w. bezeichneten Curven einer um
Grad grösseren, und die mit — 1°, mit — 2°, — 3° u. s. w.
ıneten einer um 1, 2 und 3 Grad geringeren Declination.

n Jahre 1852 betrug die Declination für München 15° 40'. Für
e Jahr beträgt also die Declination für Luxemburg 18° 40'.
Vien ist der Karte zufolge die Declination ungefähr 2° 20' klei-
ls zu München, sie ist also für Wien im Jahre 1852 gleich
' u. s. w.

ehnlich ist die Einrichtung der Karte Fig. 375, welche die isokli-
ı Linien enthält. Für die mit + 1°, + 2°, + 3° bezeichneten
ı dieser Karte ist die Inclination um 1, 2, 3° grösser, für die mit
— 2°, — 3° bezeichneten aber ist sie um 1, 2, 3 Grad kleiner
Inclination zu München, welche im Jahre 1852 64° 54' betrug.

ieser Karte zufolge ist also die Inclination für 1852 zu Stralsund
hr 68° 54'. Für Breslau ist sie nahe $1\frac{1}{2}$ Grad grösser, für Mai-
ıt sie etwas mehr als $1\frac{1}{2}$ Grad kleiner als für München.

ie dritte Karte endlich, Fig. 376 (S. 749), enthält die Curven gleicher
ntaler Intensität. Die durch München gehende Curve ist auch hier
bezeichnet; auf den übrigen Curven ist die nach absolutem Maass
ene horizontale Intensität um den am Rande angegebenen Werth
r oder kleiner als zu München. Die horizontale Intensität ist also

Fig. 374.

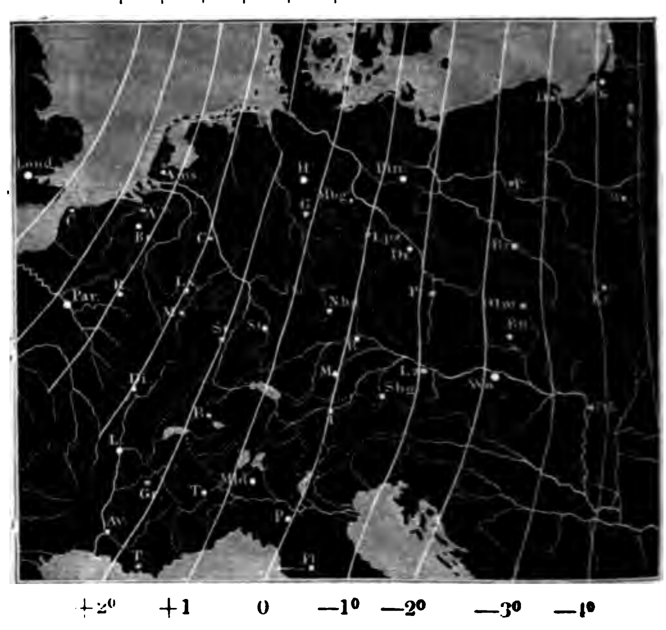



Fig. 375.



aris, Frankfurt und Warschau um 0,10, zu Triest ist sie um 0,125
er als zu München, wo sie im Jahre 1852 den Werth 1,9508
.

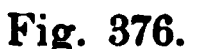
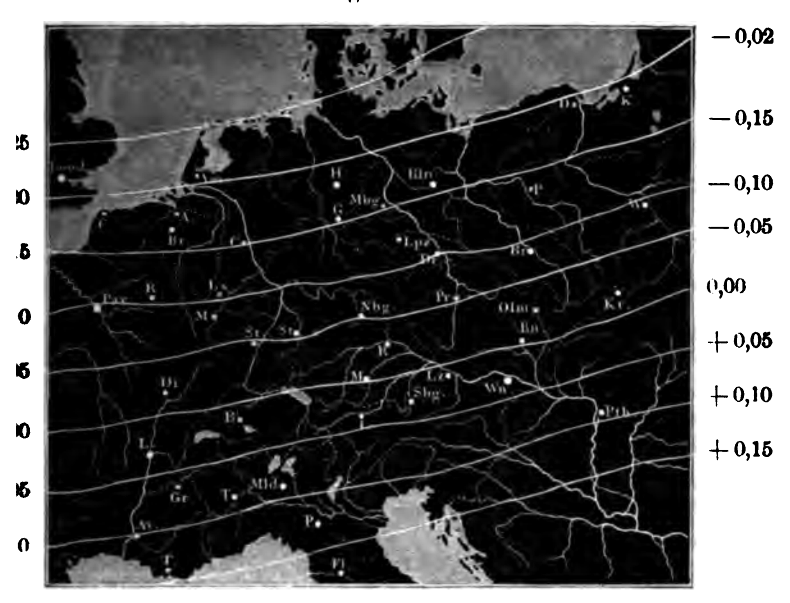


Fig. 376.




Ganz ähnlich ist nun auch die Einrichtung der von Lamont bear-
ten magnetischen Karten von Bayern und dem südwestlichen Deutsch-
jedoch beträgt die Declinationsdifferenz je zweier auf einander fol-
en Declinationscurven 10′. Ebenso entsprechen die Intervalle der
nationskarte von Bayern einer Inclinationsänderung von 10 Minuten.
len Intensitätskarten von Bayern entspricht der Intervall je zweier
inander folgender Curven einer Aenderung der absolut horizontalen
sität von 0,01.

Bei einem solchen Maassstab treten dann auch locale Störungen
ich hervor. Während z. B. im Durchschnitt der Abstand je zweier
hbarter Declinationscurven ungefähr 4 Meilen beträgt, rücken etwas
ich von Karlsruhe die Curven + 1° 50′ und + 2° bis auf 1 Meile
amen; dagegen rücken die Declinationscurven + 1° 30′ und 1° 40′
armstadt, welches zwischen denselben liegt, bis auf 8 Meilen aus-
der. Eine ähnliche Erweiterung zeigt sich zwischen Bamberg und
uth, und eine noch bedeutendere zwischen Salzburg und dem west-
Ende des Chiemsees.

Die Inclinations- und Intensitätscurven zeigen die grössten Unregel-
gkeiten in der bayerischen Pfalz, namentlich in der Nähe von Pir-
nz.

Es wäre in der That sehr zu wünschen, dass Lamont's Beispiel in anderen Ländern Nachahmung fände; solche magnetische Specialkarten würden die sichersten Anhaltspunkte zur Construction magnetischer Erdkarten geben, wie sie denn überhaupt ein reichliches Material für ferneren Untersuchungen über Erdmagnetismus bieten.

In seinen „Results of the magnetic survey of the colony of Victoria" hat G. Neumayer magnetische Karten publicirt, welche die magnetischen Curven des südöstlichen Theiles von Australien für das Jahr 1864 darstellen.

Magnetische Karten von Nordamerika sind durch das Smithsonian Institution zu Washington publicirt worden.

263 **Theorie des Erdmagnetismus.** Die einfachste und älteste Hypothese, welche zur Erklärung der Erscheinungen des Erdmagnetismus aufgestellt wurde, ist die, einen kleinen Magneten im Mittelpunkte der Erde anzunehmen, oder vielmehr anzunehmen, der Magnetismus sei in der Erde so vertheilt, dass die Gesammtwirkung nach aussen der Wirkung eines fingirten kleinen Magneten im Mittelpunkte der Erde gleich sei. Dass eine solche Annahme sich mit den Beobachtungen nicht verträgt, sieht man auf den ersten Blick. Nach dieser Hypothese wären die magnetischen Pole diejenigen Punkte der Erdoberfläche, in welchen dieselbe von der verlängerten Axe des Centralmagnets getroffen wird; in diesen Polen müsste zugleich die Intensität ein Maximum sein; der magnetische Aequator wäre ein grösster Kreis, und alle isoklinischen Linien mit demselben parallel u. s. w. Tobias Mayer hat diese Hypothese dadurch modificirt, dass er den fingirten Magneten um den 7ten Theil des Erdhalbmessers von dem Mittelpunkte der Erde entfernt annahm; Hansteen versuchte, die Erscheinungen durch die Annahme von zwei kleinen Magneten von ungleicher Lage und Stärke zu erklären. Alle diese Versuche gaben jedoch keine genügenden Resultate.

Gauss hat endlich einen anderen Weg eingeschlagen, indem er nicht, wie seine Vorgänger, von einer einfachen Hypothese über die magnetische Vertheilung in der Erde ausging und dann die Resultate dieser Hypothese mit der Erscheinung verglich, sondern er suchte gleich die Frage zu beantworten: wie muss dieser grosse Magnet beschaffen sein, um den Erscheinungen Genüge zu leisten?

Die Gauss'sche Theorie lässt sich ohne Hülfe höherer Rechnung nicht entwickeln, da es sich hier darum handelt, das Zusammenwirken aller magnetischen Kräfte, die keineswegs gleichförmig und regelmässig vertheilt sind, in mathematischen Formeln darzustellen; wir müssen uns also darauf beschränken, die Grundideen dieser Theorie anzudeuten.

Die Grundlage der Gauss'schen Theorie ist die Voraussetzung, dass die erdmagnetische Kraft die Gesammtwirkung der magnetisirten Theile des Erdkörpers ist. Das Magnetisirtsein stellt er sich als eine Scheidung der magnetischen Flüssigkeit in der Weise vor, wie wir dies im Lehr-

ı der Physik, 7. Aufl. Bd. II., S. 7, entwickelt haben. Eine Vertau-
g dieser Vorstellungsart mit der Ampère'schen würde in den Re-
en nichts ändern. Dies vorausgesetzt, wird die Gesammtheit aller
etisirten Theile des Erdballs auf jeden Punkt im Raume eine be-
ıte Wirkung ausüben, und diese Wirkung wird von einem Punkte
aumes zum anderen sich ändern müssen. Wir haben hier nur die-
n Punkte des Raumes zu betrachten, welche auf der Erdoberfläche
. Zunächst ist demnach klar, wie auch der freie Magnetismus im
en der Erde vertheilt sein mag, die Wirkung wird in verschiedenen
en der Erdoberfläche nicht dieselbe sein, sie wird von der geogra-
ıen Länge und Breite des Ortes abhängen, den man gerade betrach-
Die Wirkungen des Erdmagnetismus müssen sich also durch Glei-
en ausdrücken lassen, in denen die Länge und die Breite die ver-
lichen Grössen sind; die Constanten dieser Gleichungen aber hängen
er Art und Weise ab, wie der freie Magnetismus in der Erde ver-
ist.

Zunächst entwickelt Gauss auf diese Weise eine Gleichung für den
ı des magnetischen Potentials, einer Grösse, aus welcher sich
Werthe der nördlichen, westlichen und verticalen Composante der
gnetischen Kraft und aus diesen dann wieder Declination, Inclina-
nd totale Intensität leicht berechnen lassen.

Das magnetische Potential, welches also zunächst als eine wich-
Hülfsgrösse für die Berechnung des Erdmagnetismus dient, hat aber
eine physikalische Bedeutung. Denken wir uns an irgend einer
der Erdoberfläche eine verticale Röhre angebracht, deren Quer-
t 1 Quadratmillimeter beträgt, und diese Röhre bis zu einer Höhe,
lcher die Wirkung des Erdmagnetismus unmerklich wird, mit nord-
etischem Fluidum in der Weise gefüllt, dass jedes Cubikmillimeter
ass (nach der bekannten absoluten Einheit des Fluidums) enthält,
llt uns das magnetische Potential den Druck dar, welchen der Bo-
ieser Röhre dadurch auszuhalten hat, dass der Erdmagnetismus die
· Röhre enthaltene Flüssigkeit anzieht; da, wo das nordmagnetische
ım von dem Erdmagnetismus abgestossen werden würde, hat man
lie Röhre in gleicher Weise mit südmagnetischem Fluidum gefüllt
nken.

n den Karten Fig. 377, 378 und 379 (a. f. S.) sind die Linien glei-
Werthe des magnetischen Potentials dargestellt; die beigeschriebenen
ı beziehen sich nicht auf absolutes Maass, sondern auf eine willkür-
Einheit; sie können durch Multiplication mit 0,0034941 auf abso-
Maass reducirt werden.

Die Curven gleicher Werthe des magnetischen Potentials wollen wir
hgewichtslinien nennen.

Aus dem Laufe der Gleichgewichtslinien ergiebt sich die Richtung
orizontalen Magnetnadel auf eine sehr einfache Weise, indem, wie
s gezeigt hat, die Richtung der Declinationsnadel stets rechtwink-

lig auf den Gleichgewichtslinien stehen muss. Aus dem Laufe die Curven kann man die Richtung der Boussole für jeden Ort der Erdob fläche auf eine ungleich einfachere und übersichtlichere Weise ablei als es mittelst der Declinationskarte möglich ist.

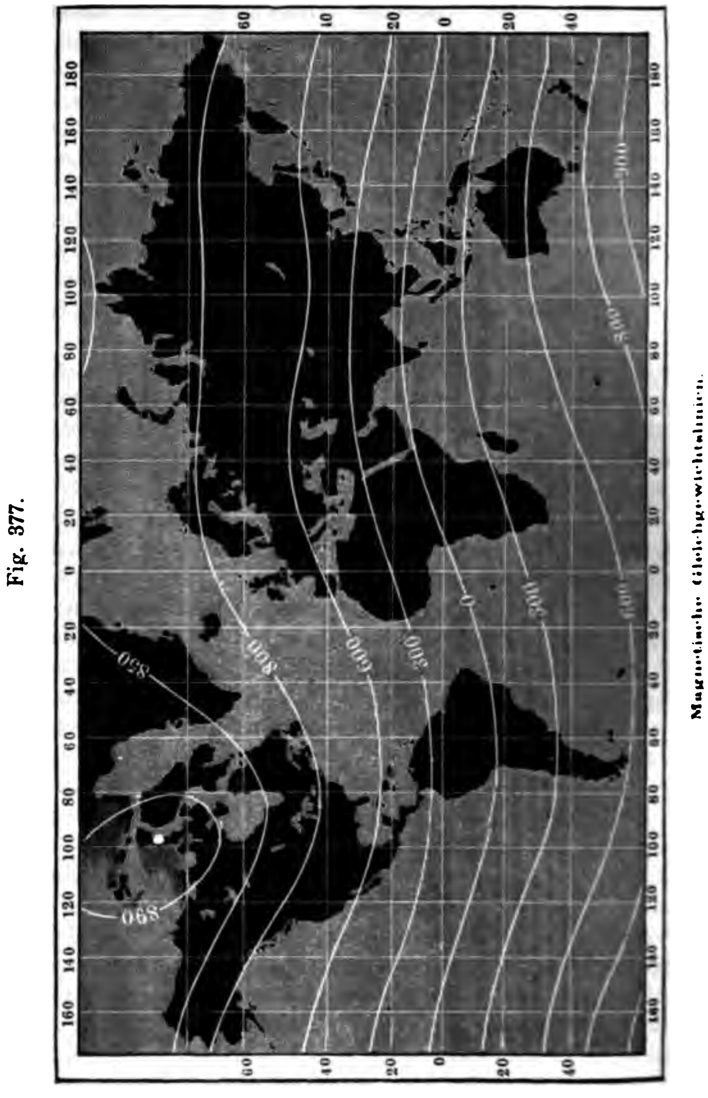



Fig. 377.

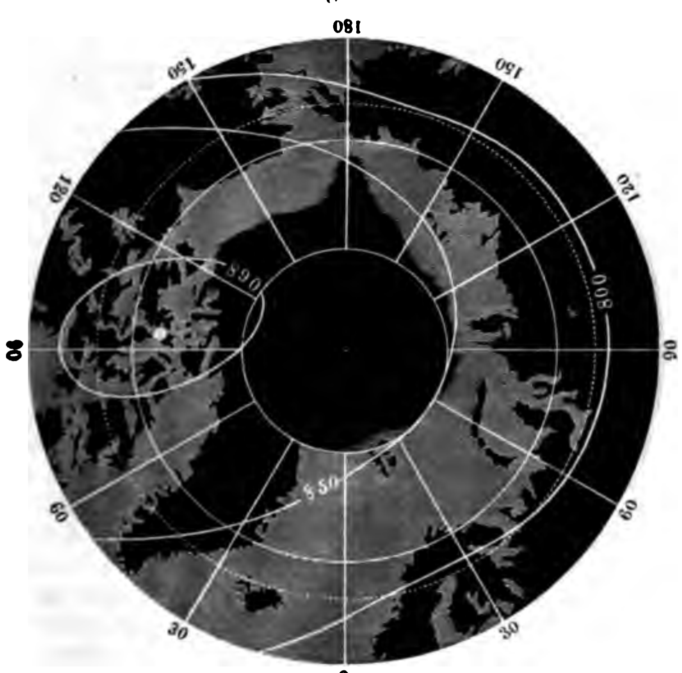
Magnetische Gleichgewichtslinien.

Zwischen den Werthen des magnetischen Potentials und der h zontalen Intensität findet folgende Beziehung Statt. Denken wir auf einer Karte nur solche Gleichgewichtslinien gezogen, welche gleic Differenzen des magnetischen Potentials entsprechen, etwa nur sol

rven, welche den immer um 100 wachsenden Werthen des magnetien Potentials entsprechen, so ist die horizontale Intensität der Entnung der Gleichgewichtscurven umgekehrt proportional; die horizon- Intensität ist also für solche Gegenden am grössten, für welche die ichgewichtslinien am dichtesten sind; je weiter die gleichen Differen- des Potentials entsprechender Curven auseinanderrücken, desto klei- wird die horizontale Intensität.

Aus der horizontalen Intensität ergiebt sich leicht die nördliche und tliche Composante, da ja durch den Lauf der Gleichgewichtslinien h die Richtung der horizontalen magnetischen Kraft bestimmt ist.

Fig. 378.



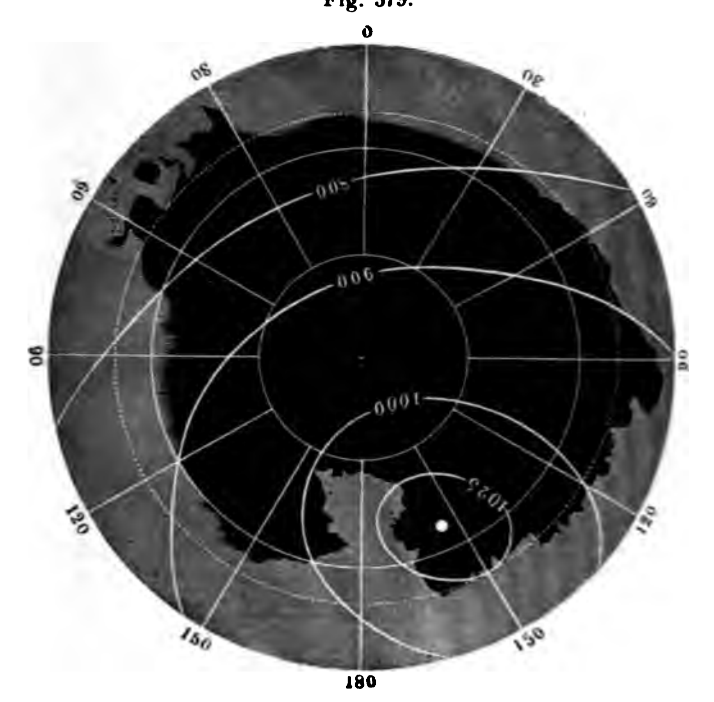

Aus den Werthen des magnetischen Potentials ergeben sich ferner Werthe der verticalen Intensität; doch können wir diesen Zusammeng hier nicht weiter verfolgen. Sind aber erst die drei Composanten erdmagnetischen Kraft bestimmt, so kann man auch noch leicht die se und Richtung der ganzen Intensität ermitteln.

Wenn man in den Werthen für das magnetische Potential und die Composanten der erdmagnetischen Kraft nur diejenigen Glieder noch ücksichtigt, welche mit den 4ten Potenzen der veränderlichen Grössen ge und Breite) behaftet sind, die höheren Potenzen aber vernachläs- so bleiben in den Werthen noch 24 constante Coefficienten zu be-

stimmen. Diese Coefficienten können wir nun nicht a priori aus der Vertheilung des freien Magnetismus in der Erde ableiten, weil wir ja noch nichts über die Art wissen, wie der freie Magnetismus vertheilt ist; die 24 Coefficienten müssen demnach durch die Combination von 24 verschiedenen Beobachtungen bestimmt werden. Die genaue Bestimmung der 3 Elemente des Erdmagnetismus an 8 verschiedenen Orten der Erdoberfläche würde also hinreichen, um die 24 Coefficienten zu ermitteln.

Sind einmal die constanten Coefficienten bekannt, so kann man nach den erwähnten Gleichungen die Werthe der drei Composanten der erd-

Fig. 379.




magnetischen Kraft und folglich auch die Declination, die Inclination und die ganze Intensität für jeden Ort der Erdoberfläche berechnen, wenn man für die Länge und Breite die diesem Ort entsprechenden Zahlenwerthe in die Gleichungen setzt.

Da es an einer hinlänglich genauen Bestimmung aller drei Elemente des Erdmagnetismus für acht weit genug von einander entfernte Orte der Erdoberfläche fehlt, so muss man mehr Beobachtungen zu Hülfe nehmen, als eigentlich zur Bestimmung der Coefficienten nöthig sind. Auf diese Weise werden sich für denselben Coefficienten mehrere verschiedene Werthe ergeben, und man hat alsdann nach der Methode der kleinsten

adrate den wahrscheinlichsten Mittelwerth für jeden Coefficienten zu nitteln.

**Die säcularen Variationen.** Die Elemente des Erdmagnetis- 264 us für irgend einen Ort auf der Erdoberfläche sind keineswegs unverderliche Grössen, wie dies bereits im Lehrbuch der Physik besprochen urde. Wie bedeutend sich die Declination ändert, ergiebt sich z. B. s der folgenden Tabelle:

Declination für Paris.

| Jahr. | Declination. | Jahr. | Declination. |
|---|---|---|---|
| 1580 | 11° 30′ östl. | 1814 | 22° 34′ westl. |
| 1618 | 8 „ | 1819 | 22 29 „ |
| 1663 | 0 „ | 1822 | 22 11 „ |
| 1770 | 8 10 westl. | 1832 | 22 3 „ |
| 1780 | 19 55 „ | 1842 | 21 25 „ |
| 1805 | 22 5 „ | 1852 | 20 20 „ |

Man sieht aus dieser Tabelle, dass im Jahre 1580 in Frankreich die clination noch eine östliche war, dass sie abnahm und im Jahre 1663 ll wurde; in jenem Jahre also zeigte die Declinationsnadel zu Paris nau nach Norden. Von jener Zeit an war die Declination zu Paris e westliche, und zwar stets zunehmend bis zum Jahre 1814, wo die stliche Declination zu Paris ein Maximum von 22° 34′ erreichte. Seit er Zeit nimmt die westliche Declination zu Paris wieder ab, und im ıre 1852 betrug sie nur noch 20° 20′.

Solche, Jahrhunderte lang in gleichem Sinne fortdauernde Aendengen im Stande der Magnetnadel werden mit dem Namen der säcuen Schwankungen bezeichnet. Man übersieht diese Veränderunn am besten, wenn man die magnetischen Karten verschiedener Zeiten, B. die Declinationskarten von 1600 und 1860, mit denjenigen veriedener Zwischenperioden vergleicht.

Mit dem Laufe der magnetischen Curven ändert sich natürlich auch Lage der magnetischen Pole. Der magnetische Nordpol, lcher im Jahre 1600 ungefähr bei *A*, Fig. 367, lag, ist allmälig bis vorgerückt.

Wie gross gegenwärtig die jährliche Aenderung der Declination für utschland ist, ersieht man aus folgender Tabelle, welche nach Lamont Declination zu München für den 1. Januar der folgenden Jahre giebt:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1841 | 16° 57,5′ | 1847 | 16° 17,4′ |
| 1842 | 16 50,4 | 1848 | 16 10,3 |
| 1843 | 16 43,4 | 1849 | 16 2,5 |
| 1844 | 16 37,1 | 1850 | 15 53,9 |
| 1845 | 16 30,4 | 1851 | 15 49,4 |
| 1846 | 16 23,5 | 1852 | 15 40,1 |

also im Durchschnitt ungefähr eine Abnahme von $6^1/_2$ Minuten im J

Begreiflicher Weise ist der Gang der säcularen Variationen der clination in verschiedenen Gegenden nicht derselbe. So erreichte die Declination auf dem Cap der guten Hoffnung erst im Jahre ihr westliches Maximum, während auf St. Helena noch gegenwärtig westliche Declination ungefähr um 8′ jährlich zunimmt.

Man kann sich diese Differenzen wohl erklären, wenn man bed dass das Curvensystem im Allgemeinen gegenwärtig wenigstens Westen hin fortschreitet.

Aehnliche säculare Aenderungen zeigt auch die Inclination, wie aus folgender Tabelle sieht:

Inclination für Paris.

| Jahr. | Inclination. | Jahr. | Inclination. |
|---|---|---|---|
| 1671 | 75° | 1820 | 68° 20′ |
| 1780 | 71 48′ | 1825 | 68 0 |
| 1806 | 69 12 | 1831 | 67 40 |
| 1814 | 68 36 | 1835 | 67 24 |

und gegenwärtig beträgt die Inclination nicht mehr ganz 67 Grad.

Wie gross gegenwärtig die jährliche Aenderung der Inclination ersieht man aus folgender Tabelle, welche nach Lamont die Werthe Inclination zu München für den Anfang der nachgenannten Jahre ang

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1841 | 65° 22,0′ | 1847 | 65° 7,0′ |
| 1842 | 65 19,5 | 1848 | 65 4,5 |
| 1843 | 65 17,0 | 1849 | 65 2,0 |
| 1844 | 65 14,5 | 1850 | 64 59,5 |
| 1845 | 65 12,0 | 1851 | 64 57,0 |
| 1846 | 65 9,5 | 1852 | 64 54,5 |

Die Abnahme der Inclination beträgt also in Deutschland unge 2,3 Minuten im Jahre.



Auch die Variationen der Inclination halten in verschiedenen l dern keineswegs gleichen Gang. Während sich in Europa gegenwä das Nordende der Inclinationsnadel allmälig hebt, nimmt die unge

o betragende südliche Inclination auf St. Helena ungefähr um 8 Minu-
ı jährlich zu.

Was die Intensität anbelangt, so ist die Zeit, während welcher man
sem Element die nöthige Aufmerksamkeit gewidmet hat, zu kurz, um
a Gang der säcularen Variationen desselben mit einiger Sicherheit zu
ersehen. Die horizontale Intensität nimmt gegenwärtig in Deutsch-
ıd zu, was aber wenigstens theilweise von der Abnahme der Inclination
rührt. Für München war die horizontale Intensität

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Anfangs | 1841 | 1,9300 | Anfangs | 1847 | 1,9417 |
| „ | 1842 | 1,9339 | „ | 1848 | 1,9432 |
| „ | 1843 | 1,9373 | „ | 1849 | 1,9437 |
| „ | 1844 | 1,9374 | „ | 1850 | 1,9523 |
| „ | 1845 | 1,9374 | „ | 1851 | 1,9549 |
| „ | 1846 | 1,9397 | „ | 1852 | 1,9508 |

Bis jetzt ist man noch nicht im Stande, einen genügenden Grund
die säcularen Aenderungen der erdmagnetischen Constanten anzu-
ben.

**Die täglichen Variationen.** Die säcularen Aenderungen in 265
Richtung der Magnetnadel gehen nicht in der Art vor sich, dass die
del sich ganz langsam und gleichförmig nach einer bestimmten Rich-
ıg hin fortbewegt, sondern die Magnetnadeln sind beständigen Schwan-
ıgen unterworfen, in welchen sich zunächst eine tägliche Periode
spricht.

Was die Declination betrifft, so ist der Verlauf ihrer täglichen
riationen in Deutschland ungefähr folgender: Morgens um 8 Uhr hat
Declinationsnadel im Durchschnitt ihre östlichste Stellung; ziemlich
ch bewegt sich nun ihr Nordende gegen Westen und erreicht zwischen
und 2 Uhr ihren westlichen Wendepunkt, um dann wieder nach Osten
ı zu wandern, und zwar in den Nachmittags- und Abendstunden schnel-
, während der Nachtstunden langsamer.

Dieser Gang der Declinationsnadel wird durch die Curve Fig. 1
b. 23 anschaulich gemacht, welche den mittleren täglichen Gang der
lichen Variationen der Declinationsnadel zu Göttingen darstellt. Die
scissen sind der Zeit, die Ordinaten den Variationen der Declination
portional, und zwar entspricht der Abstand zweier Verticalstriche
em Zeitintervall von 1 Stunde, während der Abstand zweier Horizon-
linien einer Winkeldifferenz von 1 Minute entspricht. — Am oberen
nde der Figur ist die Zeit nach bürgerlicher, am unteren Rande ist
nach astronomischer Weise gezählt.

Ein Steigen der Curve entspricht einer nach Osten, ein Sinken ent-
icht einer nach Westen gerichteten Bewegung des Nordendes der Nadel.

Die Amplitude der täglichen Bewegung der Magnetnadel, d. h. der
nkel zwischen ihrem östlichsten und ihrem westlichsten Stande, ist

veränderlich, und zwar ist sie im Allgemeinen von der Jahreszeit abhängig; sie ist grösser im Sommer, kleiner im Winter. Folgendes sind die Mittelwerthe dieser Amplitude für die verschiedenen Monate in Göttingen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Januar . . . | 6,7′ | Juli . . . . | 12,1′ |
| Februar . . . | 7,4 | August . . . | 13,0 |
| März . . . . | 11,0 | September . . | 11,8 |
| April . . . . | 13,9 | October . . . | 10,3 |
| Mai . . . . | 13,5 | November . . | 6,9 |
| Juni . . . . | 12,5 | December . . | 5,0 |

Derselbe Gang der täglichen Variationen der Declination zeigt sich im Wesentlichen für alle Orte, welche nördlich vom magnetischen Aequator liegen, nur werden sie um so schwächer, je mehr man sich von den Polargegenden aus dem magnetischen Aequator nähert, für welchen sie fast völlig verschwinden, um auf der Südhälfte der Erde in gleicher Weise, aber in entgegengesetzter Richtung aufzutreten, d. h. auf der südlichen Hemisphäre bewegt sich das Südende der Nadel zu denselben Tageszeiten nach Westen, in welchen auf der nördlichen Hemisphäre das Nordende der Nadel nach Westen geht.

Auch die Inclination ist Variationen von 24stündiger Periode unterworfen, und zwar ist sie im Durchschnitt um 10 Uhr Morgens am grössten und um 10 Uhr Abends am kleinsten.

Dieselben Wendestunden zeigen auch die täglichen Variationen der totalen Intensität, nur zeigt sich hier ein entgegengesetzter Gang, indem das Maximum der totalen Intensität im Durchschnitt Abends um 10 Uhr, das Minimum Morgens um 10 Uhr eintritt.

266 **Magnetische Störungen.** Wenn man die Declinationsnadel mit Sorgfalt beobachtet, so zeigt sich, dass sie im Laufe eines Tages keineswegs so stetig von Ost nach West und dann wieder von West nach Ost geht, wie Tab. 23 Fig. 1 zeigt, welche ja nur als Durchschnittsresultat einer grossen Reihe von Beobachtungen gewonnen wurde. Von diesem in Fig. 1 dargestellten normalen Gange der Declinationsnadel weichen die wirklichen Schwankungen in der Lage des magnetischen Meridians, wie sie an einzelnen Tagen beobachtet werden, mehr oder weniger ab. Ueberhaupt aber ist die Bewegung der frei beweglichen Magnetnadel keineswegs eine gleichförmige, sondern sie geschieht immer mehr oder weniger stossweise, so dass der magnetische Meridian gewissermaassen bald nach Ost, bald nach West über seine Mittellage hinausschwankt. Diese Bewegungen kann man als Störungen des normalen Ganges der Nadel bezeichnen.

Humboldt, welcher sich schon in den Jahren 1799 bis 1804 durch die Bestimmung der magnetischen Constanten in den Aequinoctialgegenden Amerikas grosse Verdienste um die Kenntniss des Erdmagnetismus erworben hatte, veranlasste zur genauen Erforschung der magnetischen

·rungen, dass von 1828 bis 1830 zu Berlin, Freiberg, Nikolajew
l Kasan an vorausbestimmten Tagen die Declinationsnadel stündlich
·bachtet wurde, wobei sich ein merkwürdiger Parallelismus in der
wegung der Nadeln verschiedener Orte herausstellte, der auch durch
·tere Beobachtungen die vollste Bestätigung fand.

Einen grossartigen Aufschwung nahmen die erdmagnetischen Beob-
ıtungen, nachdem Gauss durch Anwendung des Poggendorff'schen
·egelapparats in seinem Magnetometer eine Vorrichtung construirt
·te, welche die geringsten Veränderungen in der Lage des magneti-
·en Meridians zu beobachten gestattete. Es wurden nun, von 1834
·angend, an verschiedenen Orten Deutschlands und der benachbarten
nder nach demselben Princip construirte Apparate aufgestellt, um
·respondirende Beobachtungen anzustellen, d. h. um an voraus-
·timmten Terminen 24 Stunden lang die Variationen der Declina-
·nsinstrumente von 5 zu 5 Minuten zu beobachten. Um die Beobach-
·gen genau gleichzeitig zu machen, wurde die Bestimmung getroffen,
· man überall nach Uhren beobachten sollte, welche nach Göttinger
· gerichtet sind. So entstand denn der von Gauss geleitete Verein,
welchem im Jahre 1838 folgende Beobachtungsstationen gehörten:

Altona, Augsburg, Berlin, Breda, Breslau, Brüssel, Christiania, Dublin, Freiberg,
Genf, Greenwich, Haag, Hannover, Heidelberg, Kopenhagen, Krakau, Kremsmünster, Leipzig,
London, Mailand, Marburg München, Petersburg, Prag, Seeberg, Stockholm, Upsala.

Die in den „Resultaten des magnetischen Vereins" publicir-
Terminsbeobachtungen bestätigten nun den schon erwähnten Paralle-
·nus im Gange der an verschiedenen Orten aufgestellten Declinations-
·rumente, wie man dies wohl am besten aus der graphischen Darstel-
· der Terminsbeobachtungen sieht. So stellen denn die Fig. 2 und
·uf Tab. 23 die Terminsbeobachtungen von Upsala, Göttingen
Mailand vom 26. auf den 27. Februar und vom 28. auf den 29.
1841 dar, und zwar sind in diesen Figuren nur die von Stunde zu
·de gemachten Beobachtungen eingetragen, während die graphischen
·tellungen des magnetischen Vereins, in ungleich grösserem Maass-
· ausgeführt, die Resultate der von 5 zu 5 Minuten angestellten Be-
·htungen vollständig wiedergeben.

Die 24 Stunden dauernden Terminsbeobachtungen beginnen um 10
Abends.

Die oberste Curve gilt für Upsala, die mittlere für Göttingen, die
·rste für Mailand.

Der Maassstab der Fig. 1 auf Tab. 24 und 25 ist derselbe wie der Maassstab der Fig. 2 und 3 der Tab. 23, und alle zum Verständniss der Tab. 23 gegebenen Erläuterungen gelten auch für diese Figuren.

Es versteht sich wohl von selbst, dass im Lauf einer Stunde der Gang der Declinationsnadel nicht etwa ein gleichförmiger ist, wie es in unseren Figuren die geraden Linien andeuten, welche je zwei auf einander folgende Beobachtungspunkte mit einander verbinden, sondern dass in der Zwischenzeit die Nadel gleichfalls nach der einen und andern Seite ihres mittleren Ganges ausschlägt. Diese in kürzeren Zeitintervallen auftretenden Oscillationen können natürlich in den stündlichen Beobachtungen nicht wahrgenommen und in einer Zeichnung nicht ausgedrückt werden, welche nur nach den stündlichen Beobachtungen construirt ist.

Man sieht aus diesen Darstellungen, dass die Störungen in der Regel von der Art sind, dass sie den mittleren täglichen Gang noch deutlich hervorheben, dass also die Störungen als Oscillationen um den mittleren Gang der Declination auftreten. Diese nicht periodischen Schwankungen ändern sich nun von einem Tage zum anderen; an dem einen Tage sehr bedeutend, sind sie am anderen wieder sehr gering.

Im Allgemeinen fallen die Störungen der Declination um so bedeutender aus, je mehr man sich den Polargegenden nähert. So ging z. B. am 26. Februar 1841, Morgens von 3 bis 4 Uhr, die Declinationsnadel zu Upsala ungefähr um 12′, zu Göttingen nahe um 8′, zu Mailand um etwas über 5′ nach Westen.

Die Terminszeichnungen Fig. 2 und 3 auf Tab. 23 liefern nun auch eine anschauliche Bestätigung der bereits oben schon ausgesprochenen Thatsache, dass die Störungen im Allgemeinen nicht localen Ursachen zugeschrieben werden können, indem dieselbe Schwankung in gleicher Richtung fast gleichzeitig an allen Orten derselben Hemisphäre eintritt, welche nahezu gleiche geographische Länge haben.

Auch ausserhalb Europa wurden nun bald durch die Unterstützungen verschiedener Regierungen, namentlich der englischen und russischen, magnetische Observatorien errichtet, wo nach demselben Plane beobachtet werden sollte, so namentlich zu Algier, Barnaul (Sibirien), Bombay, Cambridge (Nordamerika), Cap der guten Hoffnung, Madras, Nertschinsk, Philadelphia u. s. w. Dadurch wurde es nun möglich, auch die Störungen der südlichen Hemisphäre mit denen der nördlichen und die nicht periodischen Schwankungen östlicher gelegener Orte mit den gleichzeitigen Schwankungen weit nach Westen hin liegender zu vergleichen.

Fig. 1 Tab. 24 stellt die Terminsbeobachtungen der Declination vom 27. und 28. August 1841 zu Upsala, Göttingen, Mailand und dem Cap der guten Hoffnung dar. Die drei oberen Curven bestätigen, was bereits über die Curven Fig. 2 und 3 Tab. 23 gesagt worden ist. Die unterste Curve aber zeigt, dass die Störungen auf der südlichen Hemi-

ɜ in fast vollkommenem Gegensatz zu den Schwankungen stehen, e gleichzeitig an Orten der nördlichen Halbkugel stattfinden, die u gleiche geographische Länge haben.

Für verschiedene Orte, welche nahezu gleiche geographische Breite, verschiedene Länge haben, zeigt sich gleichfalls ein Zusammenhang ı Störungen, aber in anderer Weise. Wenn zu irgend einer Zeit nem bestimmten Orte eine besonders starke Störungsschwankung ndet, so wird sie nach Ost und nach West hin in gleicher Richtung, mit abnehmender Stärke auftreten; 90° östlich und 90° westlich von Orte, wo die Schwankung im Maximum auftritt, wird in demselben nte gar keine oder nur eine unbedeutende Schwankung beobachtet, er anderen Hälfte des Parallels aber haben die gleichzeitigen Stö-schwankungen eine entgegengesetzte Richtung, und zwar zeigt sich stliches Maximum 180° von dem Punkte entfernt, wo gerade das che Maximum auftritt.

Es wird dies gleichfalls sehr gut durch die Terminsbeobachtungen 27. und 28. August 1841 erläutert, nach welchen in Fig. 1 25 der gleichzeitige Gang der Declinationsnadel für Toronto (am io-See), Göttingen und Nertschinsk dargestellt ist. Die mittlere drei Curven, welche für Göttingen gilt, haben wir bereits in Fig. 1 24 kennen gelernt. Die oberste der drei Curven gilt für Toronto, nterste für Nertschinsk. Toronto und Nertschinsk sind ungefähr 80 Längengrade von einander entfernt und Göttingen liegt nahezu weit von beiden entfernt.

Hier sehen wir nun, dass während der bedeutenden Schwankungen, e zu Göttingen zwischen dem 27. August 10 Uhr Abends und dem ugust 2 Uhr Morgens stattfanden, die Declinationsnadel zu Toronto zu Nertschinsk nur eine unbedeutende Bewegung zeigte; während gen am folgenden Tage zu Göttingen zwischen 10 und 12 Uhr Vor-gs die Declinationsnadel ziemlich ruhig dem normalen Gange folgte, wir zu Toronto und Nertschinsk bedeutende Schwankungen ein-ı, und zwar zu Nertschinsk in entgegengesetzter Richtung wie zu nto.

Fig. 2 auf Tab. 24 stellt in grösserem Maassstabe als die letzten en den gleichzeitigen Gang der Declinationsstörungen dar, wie sie 3. Februar von 6 bis 10 Uhr Abends (Göttinger Zeit) zu Upsala zu Alten in Finnmarken durch Lottin, Bravais und Martins chtet wurden; die obere Curve gilt für Alten, die untere für Up-

Man sieht hier auf den ersten Blick, dass die schöne Ueberein-ung, welche stets in den Variationen von Catania in Sicilien bis a gefunden wurde, weiter nach Norden aufhört, so dass man bei eichung der Curven von Alten und Upsala, trotz der verhältniss-g geringen Entfernung beider Orte kaum erkennen würde, dass sie auf denselben Termin beziehen. Aehnliche Resultate liefern auch

andere Beobachtungen. Ueberhaupt sind die Störungen in den Polargegenden ausserordentlich gross und von gänzlich veränderter Gestalt.

Die Inclination und die Intensität sind ähnlichen Störungen unterworfen, wie die Declination.

267 **Ursache der magnetischen Störungen.** Was den Zusammenhang der magnetischen Störungen mit anderen Naturerscheinungen betrifft, so vermuthete man, dass wohl Gewitter einen Einfluss auf die Magnetnadel ausüben müssten. — Diese Erwartung hat sich nicht bestätigt, genaue Beobachtungen haben gezeigt, dass die Magnetnadel selbst durch die heftigsten Gewitter nicht afficirt wird. So beobachtete z. B. Lamont im Jahre 1842 das Magnetometer gerade in dem Augenblicke, wo der Blitz in der Nähe des Observatoriums auf freiem Felde einschlug, ohne dass er eine auffallende Bewegung der Nadel wahrnehmen konnte.

Anders verhält es sich mit Erdbeben und vulcanischen Ausbrüchen, welche älteren und neueren Beobachtungen zufolge meist von bedeutenden magnetischen Störungen begleitet sind. So sah Bernouilli im Jahre 1767, dass während eines Erdbebens die Inclination um ½ Grad abnahm, und bei einem Ausbruch des Vesuvs bemerkte Pater de la Torre, dass die Declination um mehrere Grade variirte.

Am 18. April 1842 um 9 Uhr 10 Minuten beobachtete Kreil in Prag gerade das Declinationsinstrument, als die Nadel plötzlich einen so starken Stoss erhielt, dass die Scala über das Gesichtsfeld des Fernrohrs hinausfuhr. Dieselbe Oscillation wurde in demselben Augenblicke und zwar in gleicher Richtung auch von Cella in Parma und von Lamont in München beobachtet, und kurze Zeit darauf erfuhr man, dass in derselben Minute in Griechenland ein heftiges Erdbeben stattgefunden hatte.

In einem sehr innigen Zusammenhange mit den magnetischen Störungen stehen auch die Nordlichter, welche wir in den folgenden Paragraphen besprechen wollen.

Ueber die Ursache der magnetischen Störungen lässt sich nicht wohl eher eine zuverlässige Ansicht gewinnen, als man weiss, wo man eigentlich den Sitz der erdmagnetischen Kräfte zu suchen habe. Geleitet durch die Unregelmässigkeiten im Verlauf der magnetischen Curven, welche bereits auf Seite 749 erwähnt wurden, hat es Lamont höchst wahrscheinlich gemacht, dass der Sitz des Erdmagnetismus in einem compacteren Kerne zu suchen sei, welcher sich unter der weniger dichten Erdrinde befindet, auf welcher wir leben.

Da wir nun aber wissen, dass das Innere der Erde sich in feurigflüssigem Zustande befindet, so besteht demnach die feste Erdrinde aus zwei Schichten; einer weniger dichten, unter der sich dann eine compactere befindet, welche der Sitz des Erdmagnetismus ist. Diese magnetische Schicht, welche man sich als eine metallische, oder mit zahlreichen Adern von Eisen durchzogene vorstellen kann, ist im Allgemeinen eben-

alls von kugelförmiger Gestalt, aber sie ist, wie die äussere Erdoberfläche, it mehr oder minder beträchtlichen Erhöhungen versehen. An solchen tellen unserer Erdoberfläche nun, welche gerade über den höchsten ipfeln dieser unterirdischen magnetischen Gebirge liegen, wird offenbar er Erdmagnetismus stärker vortreten und es ist somit klar, dass die ns noch unbekannte Lage dieser magnetischen Hervorragungen einen esentlichen Einfluss auf den Lauf der magnetischen Curven haben muss.

Nach dieser Hypothese begreift man nun sehr gut, dass Erdbeben nd namentlich Ausbrüche von Vulcanen stets von mehr oder weniger tarken magnetischen Störungen begleitet sein müssen, denn bei jedem usbruche eines Vulcans muss diese magnetische Kruste durchbrochen werden, und bei jedem Erdbeben erleidet dieselbe mehr oder weniger bedeutende Erschütterungen.

Die magnetischen Störungen, welche wir in den letzten Paragraphen besprochen haben, beweisen, dass der magnetische Zustand dieser magnetischen Schicht keineswegs unverändert derselbe bleibt, dass er vielmehr mannigfachen Variationen unterworfen ist, welche theils allmälig vor sich gehen, und von welchen die seculären Schwankungen herrühren, theils aber auch an eine tägliche Periode gebunden sind. Diese periodischen Variationen gehen aber nicht stetig vor sich, sondern es finden tets stossweise Schwankungen um den mittleren magnetischen Zustand tatt.

Am einfachsten kann man sich von diesen Variationen und Schwankungen Rechenschaft geben, wenn man den Erdmagnetismus von elektrischen Strömen ableitet, welche den fraglichen Kern in stets veränderlicher Stärke und Richtung durchziehen. Die tägliche Periode der magnetischen Variationen scheint aber darauf hinzudeuten, dass wir hier it thermo-elektrischen Strömen zu thun haben.

**Das Nordlicht.** In den winterlichen Gegenden jenseits des **268** rdlichen Polarkreises, wo die Sonne je nach der grösseren geographischen Breite um die Zeit des Wintersolstitiums Wochen und Monate lang ter dem Horizonte steht, werden die langen Nächte häufig durch die achtvolle Erscheinung des Nordlichtes (Aurora borealis) erhellt, sen eigentliches Wesen uns noch räthselhaft ist, und welches hier in sem Capitel nur deshalb abgehandelt wird, weil dasselbe, wie wir bald hen werden, in mannigfacher Beziehung zum Erdmagnetismus steht.

Je weiter man sich vom Pole entfernt, desto seltener und desto weger brillant wird die Erscheinung des Nordlichtes. Die letzten auseichneten Nordlichter, welche man in Deutschland zu beobachten Gegenheit hatte, sind die vom 7. Januar 1831, vom 18. October 1836 und m 25. October 1870.

Die Erscheinung dieser Nordlichter, namentlich des vom Jahre 1831, mmt im Wesentlichen mit der Darstellung auf Tab. XXVII überein. s ist dies die Copie eines schönen Bildes, welches der durch seine nor-

wegischen Landschaften rühmlichst bekannte Maler August Becker von Darmstadt ausgeführt hat. Diese Darstellung veranschaulicht den Grundtypus der häufigsten Form, in welcher in Deutschland sowohl wie auch im südlichen Schweden und Norwegen die Nordlichter beobachtet werden.

Den gleichen Grundcharakter trägt auch die Abbildung eines zu Loch Leven in Schottland beobachteten Nordlichtes, welche in der Schlussvignette dieses Capitels wiedergegeben ist.

In der Erscheinung des Nordlichtes findet eine grosse Mannigfaltigkeit Statt, und um diese dem Leser vorzuführen, dürfte es wohl am geeignetsten sein, die Beschreibung naturkundiger Männer anzuführen, welche das Nordlicht in höheren Breiten in seiner ganzen Pracht und Herrlichkeit zu beobachten Gelegenheit hatten.

Nach den von Argelander in Abo gemachten Erfahrungen verkündigt ein eigenthümliches, schmutziges Ansehen des nördlichen Himmels in der Nähe des Horizontes dem aufmerksamen und geübten Beobachter schon im Voraus das Erscheinen eines Nordlichtes. Bald wird die Farbe dunkler und es zeigt sich ein Kreissegment von geringerer oder grösserer Ausdehnung mit einem leichten Saume eingefasst. Dies Segment hat vollkommen das Aussehen einer dunklen Wolkenbank. Eben dieses sagen auch andere Beobachter. Dieses dunkle Segment ist auch von solchen Beobachtern in Deutschland gesehen worden, welche auf das schöne Nordlicht vom 7. Januar 1831 frühzeitig genug aufmerksam wurden. In sehr hohen Breiten ist dieses Segment ganz unmerklich.

Auch Mairan in seinem „Traité des Aurores boreales", Paris 1744, sagt, dass die grossen Nordlichter kurz nach dem Ende der Dämmerung beginnen und dass man dann gegen Norden hin einen ziemlich dunklen Nebel wahrnimmt. Dieser Nebel nimmt dann die Gestalt eines Kreissegmentes an, welches sich zu beiden Seiten auf den Horizont stützt. Der sichtbare Theil des Umfanges wird darauf von einem weissen Lichte gesäumt, aus welchem ein oder mehrere Lichtbogen entstehen, von dann endlich noch die verschiedenfarbigen, von dem dunklen Segment ausgehenden Strahlen kommen.

Manchmal, wenn auch sehr selten, erscheint das dunkle Segment in der Nähe des Randes symmetrisch durchbrochen, so dass man gleichsam eine Feuersbrunst durch die Oeffnungen wahrzunehmen glaubt, Fig. 380 (a. f. S.). Dieses eigenthümliche Meteor hat Mairan selbst am 19. October 1726 zu Brouelle-Pont beobachtet.

Durch dieses dunkle Segment hindurch kann man die helleren Sterne mit blossem Auge sehen, eine Thatsache, welche bereits von älteren Beobachtern berichtet und auch von neueren bestätigt worden ist. So sahen z. B. Kries in Gotha und Gerling in Marburg bei dem Nordlicht vom 7. Januar 1831 $\alpha$ lyrae hell durch das dunkle Segment strahlen.

Das eigentliche Wesen dieses dunklen Segments wird namentlich durch den zuletzt angeführten Umstand sehr räthselhaft; Einige, z. B. Struve, sind geneigt, es nur durch den Contrast zu erklären. Ihrer

riderspricht aber die Thatsache, dass das Segment schon in der
ng sichtbar wird, ehe noch eine Lichtentwickelung des Nord-
iftritt, und somit muss man wohl mit Argelander hier das
ner wirklichen Materie annehmen.

dunkle Segment wird von einem meist bläulichweissen hellen
m gesäumt, dessen Breite zwischen 1 bis 6 Vollmondbreiten
. Ebenso verschieden wie die Breite ist auch die Ausdehnung
es, welche zuweilen nur 25 bis 30, zu anderen Zeiten bis nahe
. beträgt, wonach dann auch die Höhe über dem Horizonte sehr
en ausfällt.

untere Rand dieses Bogens ist scharf begränzt, der obere nur,
sehr schmal ist; wenn er breiter ist und verwaschen erscheint,

Fig. 380.



itet er ein lebhaftes Licht und erhellt den ganzen Himmel eben
wie der Vollmond eine halbe Stunde nach seinem Aufgange.

sehr lebhaften Nordlichtern zeigen sich oft mehrere concentrische
n.

n der Lichtbogen einmal gebildet ist, so bleibt er oft mehrere
ang sichtbar, er ist aber dabei in beständiger Bewegung. Er
senkt sich, er dehnt sich aus nach Ost und nach West, er wird bald
lort zerrissen. Diese Bewegungen werden besonders bemerklich,
Nordlicht sich ausdehnt und Strahlen zu schiessen beginnt.
n wird nun an irgend einer Stelle leuchtender und beginnt
zu schiessen, welche unten gleichsam in das dunkle Segment
. Die Breite dieser hell leuchtenden Strahlen ist ungefähr dem
londdurchmesser gleich. Solche Strahlen schiessen mit der
ceit eines Blitzes empor, theilen sich oben; sie werden bald
ald kürzer, bewegen sich bald nach Ost, bald nach West, und
sich wie ein vom Winde bewegtes Band. Wenn diese in stetem
ler Form, der Lage und des Glanzes befindlichen Strahlen sehr
en, so erscheinen sie bald in grünlichem, bald in tief rothem
Wenn die Strahlen kurz sind, so hat der Lichtbogen das An-
s gezahnten Kammes.

Oefters ereignet es sich, dass die leuchtenden Strahlen, welche von allen Theilen des östlichen, nördlichen und westlichen Horizontes auflodern, bis über den Scheitel des Beobachters hinaus aufschiessen und dann durch ihre Vereinigung eine glänzende Krone bilden, deren Mittelpunkt wenigstens im nördlichen Europa noch einige Grade südöstlich vom Zenith liegt. Bestimmt man die scheinbare Lage dieser Krone mit Hülfe eines astronomischen Instrumentes oder durch die Beobachtung der Sterne, die sich bei ihrem Entstehen in jener Gegend zeigen, so findet sich, dass der Mittelpunkt der Krone durch diejenige Stelle des Himmels gebildet wird, nach welcher das obere Ende einer im magnetischen Meridian frei beweglichen Inclinationsnadel hinweist.

Leider fehlen uns gute Abbildungen dieser in der Nähe des Zeniths sich bildenden Nordlichtskrone gänzlich; mir ist wenigstens keine solche bekannt. Es wäre in der That sehr zu wünschen, dass Naturforscher und Maler, welche Gelegenheit haben, diese nur in höheren Breiten sich zeigende Form des Nordlichtes zu beobachten, davon getreue Zeichnungen entwerfen und veröffentlichen möchten, um es auch solchen Freunden der Naturforschung zur Anschauung zu bringen, welchen es nicht vergönnt ist, dieses herrliche und seltene Phänomen selbst zu sehen.

Gehen wir nun zu der Beschreibung über, welche namhafte Naturforscher von den durch sie beobachteten Nordlichtern gegeben haben.

## 269 Beschreibung eines von Biot beobachteten Nordlichtes.

Am 7. August 1817 hatte Biot Gelegenheit, auf den Shetländischen Inseln ein grosses Nordlicht zu beobachten, von welchem er folgende Beschreibung giebt:

„Man erblickte zunächst in Nordost einige schmale Lichtstrahlen, die nicht hoch über den Horizont hinaufstiegen, und nachdem sie eine Zeit lang da gestanden hatten, verlöschten. Nach anderthalb Stunden erschienen sie wieder in derselben Himmelsgegend, aber viel stärker, glänzender und ausgedehnter. Bald fingen sie an, über dem Horizonte einen regelmässigen Bogen nach Art des Regenbogens zu bilden. Anfangs war der Umkreis desselben nicht vollendet, aber nach und nach nahm er an Oeffnung und Weite zu, und nach einigen Augenblicken sah ich von Westen her die andere Hälfte ankommen, die sich in einem Augenblicke erhob, begleitet von einer Menge leuchtender Strahlen, die von allen Seiten des nördlichen Horizontes hinzuliefen. Dieser Bogen war anfangs schwankend und unentschieden, als habe sich die Materie, die ihn bildete, noch nicht fest und bleibend geordnet; aber bald kam er zur Ruhe und erhielt sich dann in seiner ganzen Schönheit über eine Stunde lang, wobei er nur eine fast unmerklich fortschreitende Bewegung nach Südost hatte, als wenn ihn der schwache Nordwestwind, welcher damals wehte, dorthin führte. Ich hatte daher volle Zeit, ihn mit Musse zu betrachten, und seine Lage mit dem Repetitionskreise, welcher mir zu astronomischen Beobachtungen dient, zu bestimmen. Er umspannte

einen Bogen des Horizontes von 128° 42′ und sein Mittelpunkt befand sich genau im magnetischen Meridian. Der ganze Himmelsraum, den dieser grosse Bogen nach Nordwest zu begränzte, wurde unaufhörlich von leuchtenden Strahlen durchfurcht, deren verschiedene Gestalten, Farben und Dauer meinen Geist nicht weniger als meine Augen beschäftigten."

„Gewöhnlich war jeder dieser Strahlen, wenn er anfing zu erscheinen, ein blosser Strich weisslichen Lichtes; schnell aber nahm er an Grösse und an Glanz zu, wobei er manchmal sonderbare Veränderungen in Richtung und Krümmung zeigte. Hatte er seine vollkommene Entwickelung erreicht, so verengte er sich zu einem dünnen, geradlinigen Faden, dessen in der Regel äusserst lebhaftes und glänzendes Licht von sehr bestimmter rother Farbe war, dann allmälig schwächer ward und endlich erlosch, häufig genau an der Stelle, wo der Strahl angefangen hatte zu erscheinen. Dass eine so grosse Menge Strahlen fortdauert, jeder an seinem scheinbaren Orte, während der Glanz derselben unendlich viele Abwechselungen erleidet, scheint zu beweisen, dass das Licht dieser Strahlen kein reflectirtes, sondern eigenes Licht ist, und sich an dem Orte selbst entwickelt, wo man es sieht; auch habe ich darin nicht die geringste Spur von Polarisation entdecken können, welche das reflectirte Licht charakterisirt."

„Alle diese Strahlen und der Bogen selbst befanden sich in einer grösseren Höhe als die Wolken, denn diese bedeckten sie von Zeit zu Zeit, und die Ränder der Wolken schienen von ihnen erhellt zu sein. Auch der Mond, welcher damals hoch über dem Horizonte stand, erleuchtete dieses erhabene Schauspiel, und die Ruhe seines Silberlichtes bildete den sanftesten Contrast mit der lebhaften Bewegung der glänzenden Strahlengarben, mit welchen das Meteor die Luft übergoss."

**Beschreibung des grossen Nordlichtes von 1836.** Bessel giebt von dem schönen Nordlichte, welches am 18. October 1836 erschien, folgende Beschreibung: „Bald nach dem Untergange der Sonne zeigte sich, westlich von Norden, eine Helligkeit des Himmels, welche man einem Nordlichte zuschreiben konnte, zumal da ihre Mitte etwa in der Richtung des magnetischen Meridians lag, und da einige Tage vorher auch Nordlichter erschienen waren. Denn die Nordlichter haben meistentheils ihren Mittelpunkt in dieser Richtung, und es ist nicht ungewöhnlich, dass sie sich in kurzer Zeit wiederholen. Das erste Nordlicht, welches ich in diesem Herbste gesehen habe, war am 11., ein zweites erschien am 12. October. Jenes gehörte zu den schöneren, indem es häufige Strahlen über den Polarstern hinauftrieb; dieses erhob sich nur wenig über den Horizont und zeigte keine Strahlen. Das am 18. October erscheinende entwickelte sich so vollständig, dass es wenigstens für unsere Gegenden zu den sehr seltenen Erscheinungen gehört, und an die schöne Beschreibung von Maupertuis erinnert, den die Nordlichterpracht in Tornea entzückte, als er sich, jetzt gerade vor 100 Jahren, daselbst be- 270

fand, um eine denkwürdige wissenschaftliche Unternehmung rühmlich auszuführen.

„Unser Nordlicht zeigte zunächst einen röthlichen Schimmer, welcher mehrere Theile des nördlichen Himmels bedeckte, aber wenig lebhaft und von kurzer Dauer war. Dann strömte die Gegend um seinen Mittelpunkt herum häufige Strahlen aus, welche, wie es bei Nordlichtern gewöhnlich ist, in wenigen Augenblicken entstanden, fast bis zu dem Scheitelpunkte aufschossen, wieder verschwanden und durch neue ersetzt wurden. Diese Strahlen sind geraden Kometenschweifen durchaus ähnlich; oft drängen sich so viele zusammen, dass sie an die geraden Bäume eines dichten Tannenwaldes erinnern; ihr Licht pflegt nicht so lebhaft zu sein, dass so heller Mondschein, als der des 18. October war, die Schönheit ihres Anblickes und ihrer fortwährenden Aenderungen nicht beeinträchtigen sollte.

„Bis hierher war die Erscheinung von der des 11. October und von denen, die sich in diesen Gegenden zu gewissen Zeiten nicht selten zeigen, nicht wesentlich verschieden. Allein um $7^1/_4$ Uhr erschienen zwei Strahlen, welche sich sowohl durch ihre Lebhaftigkeit als auch durch die Himmelsgegenden, wo sie sich befanden, auszeichneten. Beide entstanden an entgegengesetzten Punkten des Horizontes, der eine etwa 15 Grad nördlich von Osten, der andere eben so weit südlich von Westen. Sie schossen in Richtungen aufwärts, welche südlich von dem Scheitelpunkte vorbeigingen. Sie hatten die Helligkeit hoher weisser, durch starkes Mondlicht erleuchteter Strichwolken. Man sah deutlich, dass die Ausströmung, welche sie erzeugte, kräftig unterhalten wurde, denn ihre Verlängerungen und Verkürzungen waren gross und schnell. Als diese Strahlen kaum entstanden waren, zeigte sich an dem nördlichen Rande jedes derselben ein Auswuchs; beide Auswüchse verlängerten sich und näherten ihre Enden, so dass sie bald zusammenstiessen und nun einen Bogen bildeten, welcher beide Strahlen mit einander verband, und dessen höchster Punkt etwa 30 Grad nördlich von dem Scheitelpunkte lag. Dieser Bogen erschien, so wie die Strahlen, von welchen er ausging, in lebhaftem weissen Lichte, und würde vermuthlich einen noch weit schöneren Anblick gewährt haben, wenn nicht der Mond seinen Glanz geschwächt hätte. Indessen blieb er nicht lange Zeit in seiner anfänglichen Lage; er bewegte sich dem Scheitelpunkte zu, ging dann über ihn hinaus auf die Südseite und kam auf dieser bis zu einer Entfernung von 40 bis 45 Graden, wo er sich nach und nach wieder verlor. Ehe dies geschah, nahm er auf der Westseite eine unregelmässige Krümmung an und zeigte sich sehr auffallend schlangenförmig; auf der Ostseite blieb er bis zu seiner gänzlichen Auflösung regelmässig gekrümmt.

„Nach dem Verschwinden dieses Bogens zeigte das Nordlicht nur noch eine beträchtliche Helligkeit am nördlichen Himmel, welche, trotz des Mondscheines, oft bis zu der Höhe von 30 Graden wahrgenommen werden konnte. Hin und wieder schoss es einzelne blasse Strahlen auf-

rts, welche jedoch mit keinen ungewöhnlichen Erscheinungen verınden waren. Allein um $9^1/_2$ Uhr wurde sein Ansehen prachtvoll; die rdhälfte des Himmels bedeckte sich mit einer rothen Farbe, welche so t wurde, dass sie nur mit der Farbe des Karmins verglichen werden ın; dabei war ihr Licht so stark, dass es, trotz des Mondlichtes, sicht-en Schatten verursachte. Diese Röthe des Himmels ging in Norden ht bis zu dem Horizonte herab, sondern ein bogenförmiger Raum, ısen Scheitel etwa 30 Grad Höhe haben mochte, blieb ungefärbt.

„Ueber diesem freien Raume sah der Himmel aus, als würde er rch einen Vorhang von einem hochrothen, durchsichtigen Stoffe be-ꝫkt. Hinter dem Vorhange schossen blendend weisse Strahlen hervor, lche durch ihn hindurch schimmerten. Einige glänzende Sternschnuppen, lche sich an dem verhängten Theile des Himmels zeigten, vermehrten ch die Pracht und die Abwechselung der Scene.

„Etwa nach einer Viertelstunde trennte sich der rothe Vorhang, um n in der Richtung des magnetischen Nordens liegenden Theil des ımmels wieder in seiner gewöhnlichen Farbe erscheinen zu lassen. ɔr ungefärbte Raum vergrösserte sich nun nach beiden Seiten, und ld war keine rothe Farbe mehr, sondern nur noch eine Helligkeit am ırdlichen Horizonte sichtbar.

„Zum Schlusse führe ich noch an, dass, nach Maupertuis, die ıchrothe Farbe des Himmels auch in Tornea so selten vorkommt, dass lerlei Aberglauben daran geknüpft wird, dass aber alle anderen Färıngen häufig sind. Es scheint daher, dass unser Nordlicht selbst r höhere Breiten eine ungewöhnliche Erscheinung gewesen sein würde.“

Matteucci, welcher das Nordlicht vom 18. October 1836 zu Forli Kirchenstaate beobachtete, giebt davon folgende Beschreibung: „Es ır 9 Uhr Abends, als ein schwach röthliches Licht sich gegen Norden ı zeigte. Es erstreckte sich auf eine Weite von 70 bis 80° und erhob h zu 25 bis 30°. Seine Gestalt war in den unteren Partien kreisförmig; ne Entfernung vom Horizonte konnte 7 bis 8° betragen. 23 Minuten ch seinem ersten Hervortreten nahm das Licht eine lebhafte Purpurbe an, eine dunklere centrale Linie, welche man darin bemerkte, ging ch Westen. Die Erscheinung verschwand durch allmäliges Erblassen.“

**Das Nordlicht vom 24. und 25. October 1870.** In den endstunden des 24. und 25. October 1870 wurde ein Nordlicht von ısergewöhnlicher Pracht in einem grossen Theile Europas beobachtet. b. XXVIII ist die der Illustrirten Zeitung entnommene Darstellung ıselben, wie es zu Dresden beobachtet wurde. Das genannte Blatt bt folgende Beschreibung des Phänomens: **271**

„Am Abend des 23. October nach Sonnenuntergang bemerkte man en hellen Schein am nordwestlichen Himmel, den man indess wenig ıchtete, weil man glaubte, er rühre wohl noch von der untergeganıen Sonne her; aber am 24. October entwickelte sich aus einem ähn-

lichen Schein ein prächtiges Nordlicht, dessen dunkelrosige Gluth am stärksten im Sternbild des Grossen Bären hervortrat. Es gestaltete sich in der sechsten Abendstunde am schönsten. Aus einem flachen Bogen, der von Nordost bis Südwest gespannt war, erhoben sich die glänzend rothen durchsichtigen Strahlenbüschel in drei Hauptpartien bis über den Zenith des Himmelsgewölbes. Am südwestlichen Ende strahlte eine einzige dunkelrothe Säule fast über den ganzen Himmel. Nachdem die schöne Erscheinung schwächer geworden, flammte in der achten Stunde das Licht noch einmal auf und jetzt zweigetheilt, der Lichtschein in Nordost war oben heller und leuchtender als der des anderen Theils, der sich im Norden indess höher nach dem Zenith erstreckte als der nordöstliche.

Am 25. Abends gleich nach Sonnenuntergang wiederholte sich die Erscheinung. Zuerst leuchtete ein deutlich abgegränzter Bogen mit weissgrünem Lichte über dem nördlichen Horizont. Das weissgrüne Licht nahm einen röthlichen Saum nach oben an, der dann mit rothem Lichte immer grösser und heller ward, dessen Strahlen aber undeutlich in einander verschwammen.

272 **Beschreibung der von Lottin zu Bossekop beobachteten Nordlichter.** Der Schiffslieutenant Lottin, Mitglied einer nach dem Norden ausgesendeten wissenschaftlichen Expedition, hatte während des Winters von 1838 auf 1839 Gelegenheit, die Erscheinung des Nordlichtes zu Bossekop, im norwegischen Amte Finnmarken, unter dem 70. Grade nördlicher Breite, zu beobachten.

Bossekop liegt an einem vielbuchtigen Fiord, in welches sich das Flüsschen Alten ergiesst, umgeben von Tannenwäldern und Schneebergen, deren Kamm sich zu einer Höhe von 5 bis 7° über den Horizont erhebt.

Vom September 1838 bis zum April 1839, in einem Zeitraume von 206 Tagen, beobachtete man daselbst 143 Nordlichter, und zwar 64 während der längsten Nacht, welche in jenen Gegenden vom 17. November bis zum 25. Januar dauert. Lottin beschreibt das Phänomen in folgender Weise.

„Des Abends zwischen 4 und 8 Uhr färbt sich der obere Theil des leichten Nebels, welcher fast beständig nach Norden hin in einer Höhe von 4 bis 6° herrscht; dieser lichte Streifen nimmt allmälig die Gestalt eines Bogens von blassgelber Farbe an, dessen Ränder verwaschen erscheinen und dessen Enden sich auf die Erde stützen.

„Dieser Bogen steigt allmälig in die Höhe, während sein Gipfel stets nahe in der Richtung des magnetischen Meridians bleibt.

„Bald erscheinen schwärzliche Streifen, welche den lichten Bogen trennen, und so bilden sich Strahlen, welche sich bald rasch, bald langsam verlängern oder verkürzen. Der untere Theil dieser Strahlen zeigt immer den lebhaftesten Glanz und bildet einen mehr oder weniger regelmässigen Bogen. Die Länge der Strahlen ist sehr verschieden, sie con-

en aber nach einem Punkte des Himmels, welcher durch die Rich-
des Südendes der Inclinationsnadel angedeutet ist. Manchmal ver-
:n sich die Strahlen bis zu diesem Punkte und bilden so ein Bruch-
eines ungeheuren Lichtgewölbes.

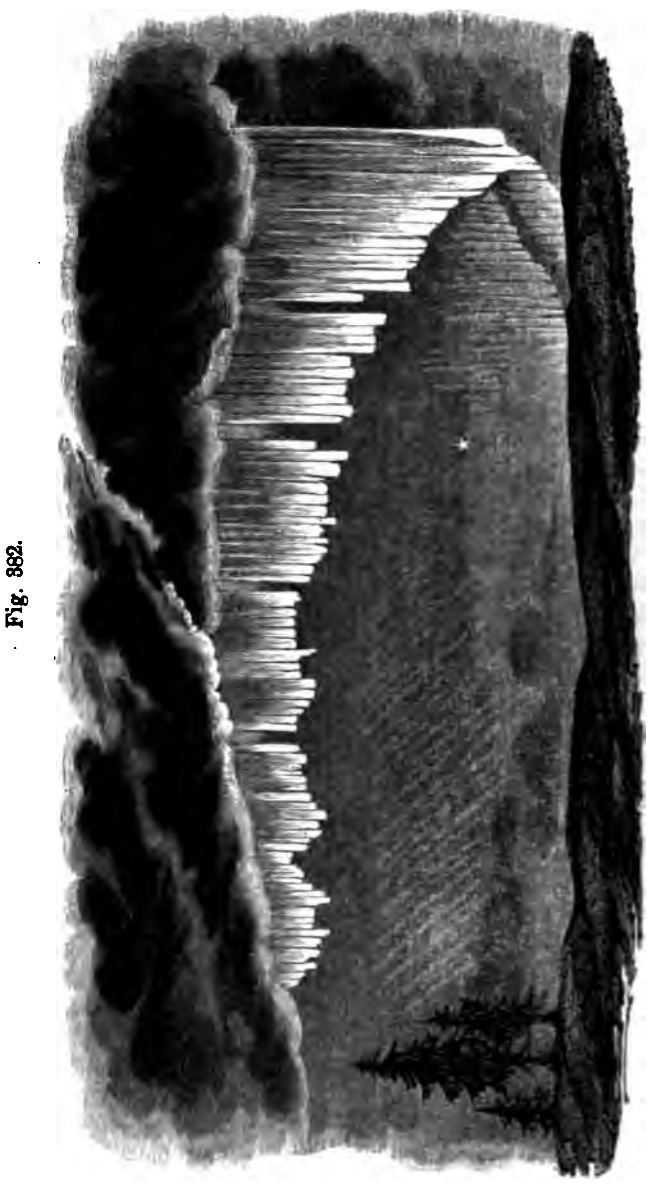
„Der Bogen fährt fort, gegen das Zenith hin zu steigen; in seinem
e zeigt sich eine undulatorische Bewegung, d. h. der Glanz der
len wächst der Reihe nach von einem Fusse zum anderen; diese
.ichtstrom zeigt sich oft mehrmals hintereinander, aber häufiger von
en nach Osten als in entgegengesetzter Richtung. Manchmal, aber
, folgt die rückgängige Bewegung unmittelbar auf die erste, und
der Glanz der Reihe nach alle Strahlen von Westen nach Osten
laufen hat, nimmt seine Bewegung eine entgegengesetzte Richtung
id kehrt zu seinem Ausgangspunkte zurück, ohne dass man eigent-
echt sagen kann, ob die Strahlen selbst eine horizontale Verrückung
en, oder ob sich der Glanz von Strahl zu Strahl fortpflanzt, ohne
die Strahlen ihre Richtung verändern.

„Der Bogen zeigt auch in horizontaler Richtung eine Bewegung,
e den Undulationen oder Biegungen eines vom Winde bewegten
es oder einer Fahne nicht unähnlich ist. Manchmal verlässt einer
'üsse oder selbst beide den Horizont; dann werden diese Biegungen
eicher und deutlicher; der Bogen erscheint nur als ein langes Strah-
nd, welches sich entwickelt, sich in mehrere Theile trennt und
öse Windungen bildet, welche sich fast selbst schliessen und das
n, was man wohl die Krone genannt hat. Alsdann ändert sich
lich die Lichtintensität der Strahlen; sie übertrifft die der Sterne
· Grösse; die Strahlen schiessen mit Schnelligkeit, die Biegungen
n und entwickeln sich wie die Windungen einer Schlange; nun
n sich die Strahlen, die Basis ist roth, die Mitte grün, der übrige
behält ein blassgelbes Licht. Diese Farben behalten immer ihre
nseitige Lage und haben eine bewundernswürdige Durchsichtigkeit.
Roth nähert sich einem hellen Blutroth, das Grün einem blassen
agdgrün.

„Der Glanz nimmt ab, die Farben verschwinden, die ganze Erschei-
erlischt entweder plötzlich, oder sie wird nach und nach schwächer.
elne Stücke des Bogens erscheinen wieder, er bildet sich von Neuem,
tzt seine aufsteigende Bewegung fort und nähert sich dem Zenith;
Strahlen erscheinen durch die Perspective immer kürzer; alsdann
cht der Gipfel des Bogens das magnetische Zenith, einen Punkt,
welchem die Südspitze der Inclinationsnadel hinweist. Nun sieht
die Strahlen von ihrem Fusse aus. Wenn sie sich in diesem Augen-
e färben, so zeigen sie ein breites rothes Band, durch welches hin-
ı man die grüne Färbung der oberen Theile erblickt.

„Unterdessen bilden sich neue Bogen am Horizonte, welche ent-
r anfangs verschwommen erscheinen, oder durch lebhafte Strahlen
det sind. Sie folgen einander, indem alle fast dieselben Phasen

durchlaufen und in bestimmten Zwischenräumen von einander bleiben; man hat deren bis zu 9 gezählt, welche, auf die Erde gestützt, durch ihre


Fig. 382.

Anordnung an die oberen Coulissen unserer Theater erinnern, die, auf die Seitencoulissen gestützt, den Himmel der Theaterscene bilden. Ma

erden die Zwischenräume kleiner, mehrere dieser Bogen drängen
ler. — So oft die Strahlen am hohen Himmel das magnetische Ze-
iberschritten haben, scheinen sie von Süden her nach diesem Punkte
ivergiren und bilden alsdann mit den übrigen von Norden kom-
in die eigentliche Krone. Die Erscheinung der Krone ist ohne
il nur eine Wirkung der Perspective, und ein Beobachter, welcher
sem Augenblicke weiter nach Süden hin sich befindet, wird sicher-
ur einen Bogen sehen können.

Denkt man sich nun ein lebhaftes Schiessen von Strahlen, welche
idig sowohl in Beziehung auf ihre Länge, als auf ihren Glanz sich
n, dass sie die herrlichsten rothen und grünen Farbentöne zeigen,
ine wellenartige Bewegung stattfindet, dass Lichtströme einander
und endlich, dass das ganze Himmelsgewölbe eine ungeheure
ige Lichtkuppel zu sein scheint, welche über einen mit Schnee be-

Fig. 383.



n Boden ausgebreitet ist und einen blendenden Rahmen für das
Meer bildet, welches dunkel ist wie ein Asphaltsee, so hat man
mvollständige Vorstellung von diesem wunderbaren Schauspiele,
ssen Beschreibung man verzichten muss.

Die Krone dauert nur einige Minuten; sie bildet sich manchmal
ch, ohne dass man vorher einen Bogen wahrnahm. Selten sieht
zwei in einer Nacht, und viele Nordlichter zeigen keine Spur davon.
Die Krone wird schwächer, das ganze Phänomen ist nun südlich
Zenith, immer blassere Bogen bildend, welche in der Regel ver-
iden, ehe sie den südlichen Horizont erreichen. Gewöhnlich beob-
man dies Alles nur in der ersten Hälfte der Nacht; nachher
t das Nordlicht seine Intensität verloren zu haben, die Strahlen
en verwaschen, sie bilden schwache, unbestimmt begränzte Licht-
mer, welche endlich, kleinen Cumulus ähnlich, auf dem Himmel

gruppirt sind. — Allmälig erscheint die Morgenröthe, die Erscheinung wird immer schwächer und endlich ganz unsichtbar.

„Manchmal sieht man die Strahlen noch, wenn der Tag schon angebrochen, wenn es schon so hell ist, dass man lesen kann; dann aber verschwinden sie schnell, oder sie werden vielmehr um so unbestimmter, je mehr die Helligkeit zunimmt, sie nehmen eine weissliche Farbe an und vermischen sich so mit den Cirrostratus, dass man sie nicht mehr von diesen Wolken unterscheiden kann."

Die Figuren 382 und 383 (a. v. S.) stellen zwei zu Bossekop beobachtete Nordlichter dar.

273 **Beziehungen des Nordlichtes zum Erdmagnetismus.** Das Nordlicht, welches Humboldt sehr bezeichnend ein magnetisches Gewitter nennt, steht, wie bereits bemerkt wurde, in mannigfacher Beziehung zum Erdmagnetismus. So haben wir bereits gesehen, dass der Gipfel des Nordlichtbogens im magnetischen Meridian liegt, und dass der Mittelpunkt der Nordlichtskrone derjenige Punkt des Himmelsgewölbes ist, nach welchem das Südende der Inclinationsnadel hinweist. Dazu kommt aber noch, dass während eines Nordlichtes die Declinationsnadel in ungewöhnlich starke Schwankungen geräth. Dieser Umstand wurde bereits im Jahre 1740 von Celsius und Hiorter entdeckt. Durch Vergleichung von Beobachtungen der Magnetnadel, welche gleichzeitig an sehr entfernten Orten, wie zu Upsala und zu London, gemacht worden waren, fand sich, dass dieselben Bewegungen der Magnetnadel sich an beiden Orten, und zwar um so stärker geäussert hatten, je lebhafter und je weiter verbreitet am Himmel das Nordlicht gewesen war.

Während des grossen Nordlichtes vom 7. Januar 1831 wuchsen die Schwankungen der Magnetnadel zu Paris bis auf 1° 16,5′.

Hansteen beschreibt den Einfluss der Nordlichter auf die Magnetnadel in folgender Weise: „Ist das Nordlicht lebhaft, so wird die Abweichungsnadel unruhig, sie weicht in Zeit von wenigen Minuten um 3, 4, ja um 5 Grad von ihrer gewöhnlichen Stellung ab und hat zuweilen eine sehr veränderliche Bewegung, zum Beweise, dass in dieser Zeit die Magnetkräfte der Erde in grosser Unruhe sind. Kurz vor dem Erscheinen des Nordlichtes kann die Intensität des Erdmagnetismus bis zu einer ungemeinen Höhe steigen; sobald aber das Nordlicht beginnt, nimmt die Intensität des Erdmagnetismus in demselben Verhältniss ab, in welchem das Nordlicht lebhafter wird, indem er seine frühere Stärke nur successiv, oft erst nach Verlauf von 24 Stunden wieder erhält. — Die Nordlichter scheinen demnach eine Lichtentwickelung zu sein, welche die Entladung des ungewöhnlich stark angehäuften Erdmagnetismus begleitet."

Ein für die magnetische Wirkung der Nordlichter charakteristischer Umstand besteht darin, dass das Nordende der Declinationsnadel von seiner normalen Lage vorzugsweise nach Westen abgelenkt wird

ur vorübergehend wechselt diese westliche Ablenkung mit einer viel ringeren östlichen.

Eine ungewöhnliche Unruhe der Magnetnadel erstreckt sich aber cht allein auf diejenigen Gegenden, in welchen das Nordlicht selbst chtbar ist, sondern sie wird noch an Orten beobachtet, welche dem hauplatze des Nordlichtes mehr oder weniger fern sind, so dass man s bedeutenderen Störungen der Magnetnadel wohl stets auf ein, wenn ich nur in entfernteren Gegenden sichtbares Nordlicht schliessen kann. rago hat diesem Umstand eine ganz besondere Aufmerksamkeit zuwendet. (F. Arago's sämmtliche Werke, 4. Bd.)

Am unzweifelhaftesten ergiebt sich die Beziehung des Nordlichtes m Erdmagnetismus, wenn man sucht die wahre Lage der Nordlichtrahlen zu ermitteln. Eine genauere Prüfung führt nämlich stets zu m Resultat, dass diese Strahlen mit der Richtung der Neiungsnadel zusammenfallen, d. h. dass die wahre Richtung der rahlen dieselbe ist, wie diejenige, welche eine an ihre Stelle gebrachte ch allen Seiten hin frei bewegliche Neigungsnadel annehmen würde. ie verschiedenen Formen, unter welchen das Nordlicht erscheint, erären sich, nachdem einmal diese Thatsache festgestellt ist, als eine 'irkung der Perspective, welche sich ändert, je nachdem der Beachter verschiedene Stellungen gegen die Strahlengruppen einnimmt.

**Höhe, Ausdehnung, geographische Verbreitung und eriodicität der Nordlichter.** 274 Die älteren Naturforscher waren r Ansicht, dass der Sitz der Nordlichter noch über den Gränzen der mosphäre zu suchen sei. Diese Ansicht war jedenfalls eine irrige. enn das Nordlicht sich ausserhalb unserer Atmosphäre befände, so nnte es an der täglichen Umdrehung der Erde keinen Antheil nehmen, müsste also die scheinbare tägliche Bewegung des Fixsternhimmels eilen, was entschieden nicht der Fall ist; im Gegentheil verhält sich s Nordlicht gegen das Himmelsgewölbe durchaus wie ein irdischer genstand; es ist also keinem Zweifel unterworfen, dass sich das Nordht innerhalb unserer Atmosphäre bildet.

Aber welches ist seine Höhe über der Erdoberfläche? Um diese age zu beantworten, verglich man die scheinbare Höhe, in welcher der pfelpunkt des Lichtbogens eines und desselben Nordlichts von veriedenen Beobachtern gesehen wurde, welche sich an mehr oder weniger it von einander entfernten, wo möglich auf demselben magnetischen ridian liegenden Orten befanden. Dergleichen Bestimmungen führten n zu sehr verschiedenen Resultaten, was sehr begreiflich ist, wenn n bedenkt, dass es sehr zweifelhaft ist, ob die verschiedenen Beobachter es und desselben Nordlichtbogens bei ihren Messungen wirklich denben Punkt einvisirt und gleichzeitig gemessen haben. Daher kommt auch, dass sich sogar für ein und dasselbe an sehr vielen Orten be-

obachtete Nordlicht sehr verschiedene Höhen ergeben, je nachdem man diese oder jene Beobachtungen mit einander combinirt.

So findet z. B. Hansteen für das Nordlicht vom 7. Januar 1831 die Höhe von 26 geographischen Meilen, indem er die Messungen der scheinbaren Höhe des Bogens von Berlin und Christiansand in Norwegen combinirt, während Christie aus verschiedenen in England angestellten Beobachtungen desselben Nordlichtes eine Höhe von 5 bis 25 englischen Meilen berechnet.

Die Bestimmungen neuerer Physiker weisen den Nordlichtern eine weit geringere Höhe an, als man früher annahm. Nach Mairan sollte die mittlere Höhe der Nordlichter 120, nach Cavendish (1790) soll sie 60, und nach Dalton (1828) nur 18 geographische Meilen betragen.

Farqhuarson endlich macht es wahrscheinlich, dass die Nordlichter, wie dies auch schon früher z. B. von Wrangel ausgesprochen worden ist, bis in die Region der Wolken heruntergehen; er stützt sich dabei unter Anderem auf eine Nordlichtsbeobachtung vom 20. December 1829. Er sah nämlich von $8^1/_2$ bis 11 Uhr Nachts zu Alford in Aberdeenshire ein sehr glänzendes Nordlicht über einer dichten Wolkenmasse, welche die Spitzen der nördlich von seiner Wohnung liegenden Correnhügel bedeckte. Obgleich der übrige Theil des Himmels heiter war, so stieg das Nordlicht doch nie höher als 20°. Gleichzeitig sah der Prediger Paull zu Tullynessle, welches zwei englische Meilen nördlich von Alford in einem engen Seitenthale der erwähnten Hügelreihe liegt, um $9^1/_4$ Uhr Abends das Nordlicht sehr hell in der Nähe des Zeniths. Demnach würde die Höhe dieses Nordlichts höchstens 4000 Fuss betragen haben.

Diese Ansicht wird nun auch durch vielfache in neuerer Zeit in den Polargegenden gemachte Beobachtungen unterstützt, und namentlich auch von Parry, Franklin, Hood und Richardson vertreten. Franklin beobachtete Nordlichter, welche zwischen einer Wolkenschicht und der Erde befindlich waren und welche die untere Fläche dichter Wolken erleuchteten.

So viel ist gewiss, dass sich das Phänomen des Nordlichtes in sehr verschiedenen Höhen bildet, dass sie aber schwerlich je über eine Höhe von 20 Meilen hinausgehen.

Die in geringen Höhen sich bildenden Nordlichter, wie sie in den Polarregionen öfters vorkommen, sind auch nur in geringen Entfernungen sichtbar. So führt Hood ein Nordlicht an, welches er am 2. April 1820 in Cumberland-House (im britischen Nordamerika, auf den Isothermenkarten verzeichnet) als einen glänzenden Bogen in 10° Höhe beobachtete, und von welchem man 55 englische Meilen südwestlich nichts wahrnahm; und ein anderes Nordlicht, welches am 6. April mehrere Stunden im Zenith von Cumberland-House stand, erschien 100 englische Meilen südwestlich nur noch als ein ruhiger ungefähr 9° hoher Bogen.

Ein Umstand, welcher gleichfalls dafür sprechen dürfte, dass sich die Nordlichter häufig wenigstens in sehr geringen Höhen bilden, ist das

ı, welches manchmal ihre Erscheinung begleiten soll. Dieses Ge-
vird von Einigen mit demjenigen verglichen, welches entsteht,
n Stück Seidenzeug über einander gerollt wird, von Anderen,
rot, mit dem Geräusch der stark vom Winde getriebenen Flamme
uersbrunst. In Sibirien soll, wie Gmelin erzählt wurde, das
t oft mit so heftigem Zischen, Platzen und Rollen verbunden
s man ein Feuerwerk zu hören glaubt, und dass sich die Hunde
r, von solchen Nordlichtern überfallen, vor Angst auf den Boden

ı anderer Seite wird aber die Existenz eines solchen Geräusches
bezweifelt. Mehrere Beobachter, welche häufig in Schweden und
n Gelegenheit hatten, das Phänomen des Nordlichts zu beobach-
sichern, nie das geringste Geräusch gehört zu haben. So sagt
el von seinem Aufenthalt an den Küsten des sibirischen Eis-
Wir hörten beim Erscheinen der Säulen kein Krachen, überhaupt
räusch. Nur wenn ein Nordlicht eine grosse Intensität hatte,
e Strahlen sich oft nach einander bildeten, däuchte es uns, als
an Etwas, wie ein schwaches Blasen des Windes in die Flamme.
welcher bei seinem mehrmaligen Aufenthalte in den Polargegen-
oft die Erscheinung des Nordlichtes beobachtete, und Franklin,
am Bärensee deren 343 sah, versichern, nie ein Geräusch gehört
n, und sind der Meinung, dass das, was man für ein Geräusch
dlichtes hielt, wohl nichts als das Rauschen des Windes selbst
Krachen des in den hellen kalten Nordlichtnächten berstenden
wesen sei.

uns werden nur solche Nordlichter sichtbar, welche sich zu
r Höhe erheben.

ihrend die Sichtbarkeit der meisten in den Polargegenden sich
n Nordlichter nur auf einen geringen Umkreis beschränkt bleibt,
manchmal das Phänomen des Nordlichtes eine überraschende
ung. So war z. B. das schöne Nordlicht vom 7. Januar 1831 im
nördlichen und mittleren Europa, sowie auch am Eriesee in Nord-
sichtbar. In solchen Fällen ist es klar, dass man an weit ent-
Orten nicht dieselben leuchtenden Strahlen sah, dass man also
eben angeführten Falle am Eriesee eine andere Partie des Phä-
wahrnahm als in Europa. Wahrscheinlich hatte sich damals ein
rer Strahlenkamm gebildet, welcher, ungefähr der Richtung eines
schen Parallels folgend, mit oder ohne Unterbrechung vom
über den atlantischen Ocean bis nach Norwegen und Schweden

den südlichen Polarregionen bildet sich ein ähnliches Licht-
en wie das, welches wir bisher besprochen haben, und welches
t dem Namen des Südlichtes bezeichnet hat. Solche Südlichter
n verschiedenen Seefahrern und namentlich von Cook gesehen
chrieben worden.

Man hat die Nord- und die Südlichter mit dem gemeinsamen Namen der Polarlichter bezeichnet.

Eine sehr merkwürdige Thatsache ist es, dass sehr oft Nord- und Südlichter zu gleicher Zeit erscheinen. So wurden z. B. im Jahre 1783 zu Rio Janeiro Südlichter gesehen, während gleichzeitig auf der nördlichen Hemisphäre Nordlichter beobachtet wurden. Dasselbe gilt für viele der Südlichter, von welchen Cook berichtet. Er sah Südlichter am 18., 21. und 25. Februar und am 16. März 1773, während van Swinden von Nordlichtern berichtet, welche er an denselben Tagen zu Franecker in Friesland gesehen hat. Ebenso ist das gleichzeitige Erscheinen von Nordlichtern zu Christiania und von Südlichtern zu Hobartown auf Van Diemens Land constatirt.

Fritz und R. Wolf haben nachgewiesen, dass die Häufigkeit der Nordlichterscheinungen derjenigen der Sonnenflecken parallel laufe, so dass die Nordlichter am häufigsten erscheinen, wenn die Sonne die zahlreichsten Sonnenflecken zeigt, wie denn auch gegenwärtig bei zahlreichen Sonnenflecken ungewöhnlich viel Nordlichter beobachtet werden.

275 **Das Spectrum des Nordlichts.** Nachdem man die Lichterscheinungen beobachtet hatte, welche in den verdünnten Gasen der Geissler'schen Röhren auftreten, wenn man elektrische Entladungen durch sie hindurchsendet, lag die Idee nahe, dass auch das Licht der aurora borealis von einer in der verdünnten Luft der höheren Regionen der Atmosphäre sich vollziehenden elektrischen Ausströmung herrühre. Diese Vermuthung ist jedoch durch die Spectralanalyse des Nordlichts noch keineswegs entschieden bestätigt worden.

Nach Angström's Beobachtungen besteht das Spectrum des leuchtenden Bogens, welchen das dunkle Segment umsäumt, aus einer einzigen hellen Linie zwischen $D$ und $E$, deren Lage in Figur 218 auf Seite 379 durch eine punktirte Linie angedeutet ist. Ausser dieser verhältnissmässig hellen Linie beobachtete er bei erweitertem Spalt nur noch drei ganz schwache Streifen gegen $F$ hin. Fig. 8 auf Tab. II stellt das von Zöllner mit einem Browning'schen Miniaturspectroskop beobachtete Spectrum des prachtvollen Nordlichts vom 25. October 1870 dar. Ausser der Angström'schen Nordlichtlinie, welche für alle Stellen des Nordlichtes mit hervorragender Helligkeit glänzte, zeigte sich die rothe Linie nur an solchen Stellen des Himmels, welche auch dem unbewaffneten Auge stark geröthet erscheinen. Im blauen Theile des Spectrums traten nur zuweilen bandartige Streifen auf. Im Wesentlichen stimmen hiermit auch die Resultate anderer Beobachter überein.

Zöllner hat dargethan, dass das Spectrum des Nordlichts nicht mit dem Spectrum irgend eines verdünnten Gases in den Geissler'schen Röhren übereinstimmt, dass sich die hellen Nordlichtlinien in keinem jener Gasspectra wiederfinden, wie dies auch Angström bereits für die

›r Nordlichtlinien gefunden hatte. Daraus folgert dann Zöllner, ın die Lichtentwickelung beim Nordlicht überhaupt elektrischer t, wie die Lichtentwickelung der verdünnten Gase in Geissler'- ›hren, dieselbe einer so niedrigen Temperatur angehören müsse, ı sie beim Experimentiren mit Geissler'schen Röhren nicht ·stellen könne.

**la Rive's Theorie des Nordlichts.** In dem 14. Bande **276** ıives des sciences physiques et naturelles (1862) entwickelt De seine Theorie der Polarlichter ungefähr in folgender Weise:

·ch directe Beobachtungen ist dargethan, dass das Meerwasser g mit positiver Elektricität geladen ist; die von ihm aufstei- Dämpfe tragen diese Elektricität in die höheren Regionen der ıäre, welche alsdann durch den rückkehrenden Passat den Polen t, eine positive Hülle für die Erde bildet, welche selbst mit r Elektricität geladen bleibt. Da nun aber die Erde sowohl wie verdünnte Luft der höheren Regionen gute Leiter sind, so kann den beiden Platten eines Condensators vergleichen, dessen iso- Schicht durch die unteren Lagen der Atmosphäre gebildet wird. ıren gegenseitigen Einfluss werden sich nun die entgegengesetzten täten vorzugsweise da verdichten, wo die positive Luftschicht negative Erde einander am nächsten sind, also in der Nähe e. Sobald die entgegengesetzten Elektricitäten hier eine gewisse ʒ erreicht haben, welche nicht überschritten werden kann, muss ·leichung in Form mehr oder minder häufiger Entladungen er- 'iese Entladungen müssen nahezu gleichzeitig an beiden Polen . Es ist einleuchtend, dass die Neutralisation der entgegen- Elektricitäten nicht auf einmal, sondern in Anbetracht der Leitungsfähigkeit des Mittels, durch welches hindurch sie nur in successiver mehr oder weniger continuirlichen Ent- ›n veränderlicher Intensität stattfinden kann.

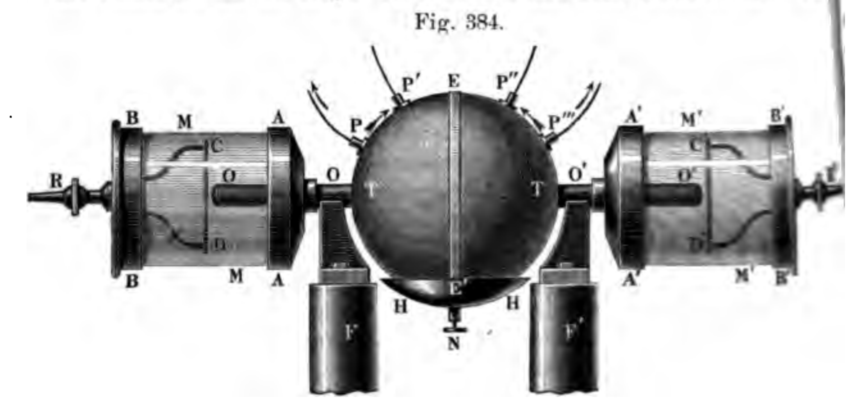
ıd nun in der Nähe der Pole eine solche elektrische Ent- :findet, muss auf der Erde die negative Elektricität vom ch den Polen, die positive von den Polen nach dem Aequator er dem Einflusse eines solchen Stromes aber muss das Nord- :linationsnadel auf der nördlichen Hemisphäre nach Westen rden, wie dies nach §. 274 auch in der That der Fall ist, r Ablenkung wird aber eine sehr veränderliche sein, weil r elektrischen Entladung und also auch die Stärke des stromes fortwährenden Schwankungen unterliegt.

·om lässt sich aber auch in Telegraphendrähten nachweisen, schen zwei Stationen, von denen die eine nördlich von ›gt, in passender Weise einen Multiplicator einschaltet. ›s Multiplicators wird in Schwankungen gerathen, so- cht erscheint, und zwar wird sie vorzugsweise so ab-

gelenkt, dass sie einen positiven vom Pol zum Aequator gehenden Strom anzeigt. Die Grösse dieser Ablenkung ist aber eine stets wechselnde und manchmal geht sie, wenn auch nur vorübergehend, in eine entgegengesetzte, einen vom Aequator zum Pol gerichteten Strom anzeigende über. — Die Ablenkung der Multiplicatornadel ist aber keineswegs ein richtiges Maass für den fraglichen Erdstrom, weil dessen Stärke durch die Polarisation der Erdplatten modificirt wird. Hört z. B. der Strom, nachdem er eine Zeitlang vom Pol zum Aequator gerichtet war, für kurze Zeit ganz auf, so erfolgt nun eine Entladung der galvanischen Polarisation der Erdplatten, welche einen dem vorigen entgegengesetzten Strom durch den Multiplicator hindurchsendet, ohne dass ein positiver Erdstrom vom Aequator zum Pole geht.

Uebrigens treten solche vom Aequator zum Pol gerichtete Ströme während der Nordlichterscheinung wirklich auf, wie uns die Ablenkung der Declinationsnadel zeigt. Es lässt sich dies aber leicht erklären. Die

Fig. 384.




gleichzeitigen Entladungen an den beiden Erdpolen, welche die Erscheinung der Nord- und Südlichter hervorbringen, sind alternirend bald am einen, bald am anderen Pole stärker und können vorübergehend an dem einen Pole ganz aufhören, während sie am anderen fortdauern. In solchen Momenten muss dann zu dem Pole, an welchem gerade eine kräftige Ausstrahlung stattfindet, die negative Elektricität nicht allein vom Aequator, sondern selbst vom anderen Pol her zuströmen, auf der Hemisphäre des eben pausirenden Pols geht also in solchen Momenten der positive Strom vom Aequator zum Pole hin.

Um die Erscheinung der Polarlichter und alle dieselben begleitenden Phänomene künstlich nachzubilden, hat De la Rive einen Apparat construirt, welchen Fig. 384 in $^1/_{12}$ bis $^1/_{14}$ der natürlichen Grösse darstellt. $T$ ist eine Kugel von Holz, welche die Erde darstellt. Diametral gegenüber stehend sind in diese Holzkugel die Eisenstäbe $OO$ und $O'O'$ eingesetzt, deren jeder 3 bis 4 Centimeter Durchmesser und eine Länge von 8 bis 10 Centimetern hat. Diese Eisenstäbe ruhen auf eisernen

zen, welche auf die Pole $F$ und $F'$ eines kräftigen Elektromagnets eschraubt sind. Wird der Elektromagnet in Thätigkeit gesetzt, so en $O$ und $O'$ die magnetischen Pole der Kugel $T$.

Die Eisenstäbe $OO$ und $O'O'$ sind bis auf ihre Endfläche von einer renden Schicht eingehüllt; der eine ist von dem Glascylinder $MM$, andere ist von dem Glascylinder $M'M'$ umgeben, deren jeder durch i Metallplatten hermetisch verschlossen ist. Durch die nach Innen hrte Deckplatte ($AA$ und $A'A'$) tritt der Eisenstab in die Höhlung Glascylinders ein, während die äussere Deckplatte ($BB$ und $B'B'$) elst zweier metallischer, aber mit wohl isolirendem Firniss übermer Arme einen Drahtring ($CD$ und $C'D'$) von rein metallischer rfläche trägt, welcher das freie Ende des entsprechenden Eisenstabes entrisch umgiebt. Jede der äusseren Deckplatten trägt nach Aussen eine Röhre mit einem Hahn ($R$ und $R'$), mittelst deren man die cylinder evacuiren und mit beliebigen Gasen füllen kann.

Um mit dem Apparat zu experimentiren, werden zwei Bänder von kem Löschpapier um die Kugel herumgelegt, das eine, $EE'$, den uator der Kugel bildend, während das andere von $E'$ ausgehend zu Eisenstab auf der rechten Seite der Kugel geführt wird, von da $E$ zum Eisenstab auf der linken Seite der Kugel und von da endnach $E'$ zurück, so dass das letztere Band einen durch die beiden gehenden Meridian darstellt. Auf diesem Meridianstreifen sind zu en Seiten des Aequators kleine Messingsäulchen $P$ und $P'$ aufgesetzt, n Basis 1 bis 2 Quadratcentimeter beträgt und welche mittelst einer ien Schraube in die Holzkugel eingelassen sind; in diese Säulchen len die Zuleitungsdrähte eingesetzt, welche zu einem 10 bis 12 Meter ernten Multiplicator führen. Die Streifen von Löschpapier werden Salzwasser befeuchtet, und um sie feucht zu erhalten ist an dem ren Ende der Kugel mittelst eines in das Holz eingeschraubten singsäulchens $N$ eine Messingschale befestigt, in welche etwas Salzer eingegossen wird.

Dieses Messingsäulchen $N$ wird nun mit dem negativen Pol eines mkorff'schen Apparates verbunden, während der positive Pol elben mittelst eines in zwei Arme sich theilenden Leitungsdrahtes den äusseren Deckplatten $BB$ und $B'B'$ in Verbindung gesetzt . Sobald der Ruhmkorff'sche Apparat in Thätigkeit gesetzt wird, neint bei gehöriger Evacuirung der Glascylinder ein Lichtbüschel, her von dem Metallring ($CD$ oder $C'D'$) zum Rande des Eisenes übergeht, und zwar abwechselnd in dem einen und dann wieder em anderen Glascylinder, selten in beiden zugleich.

Wird nun auch der Elektromagnet in Thätigkeit gesetzt, so et sich der Lichtstreif aus und nimmt eine rotirende Bewegung an, n Richtung von der Polarität des Eisenkernes abhängt. Man hat eine treue Nachbildung der Nordlichterscheinung, wenn der Nordbogen Lichtstrahlen in die höheren Regionen der Atmosphäre schiesst.

**Die ganze Erscheinung ändert ihren Charakter, sobald man den Strom des Ruhmkorff'schen Apparates umkehrt, also den positiven Strom vom Eisenkerne zum Metallring gehen lässt.**

**Schaltet man nun, während der positive Strom vom Ring zum Eisenkerne geht, zwischen zwei Metallsäulchen *P* und *P'* derselben Hemisphäre mittelst entsprechender Leitungsdrähte einen 10 bis 12 Meter entfernten Multiplicator als Nebenschliessung ein, so erfolgt eine Ablenkung der Nadel von 70 bis 80°, welche einen in der Richtung der kleineren Pfeile circulirenden Strom andeutet, wenn die Entladung gerade an dem Pole der gleichen Hemisphäre (in unserem Fall also zwischen *CD* und *OO*) stattfindet, während eine weit kleinere, nur 25 bis 30 Grad betragende entgegengesetzt gerichtete Ablenkung der Multiplicatornadel in solchen Momenten auftritt, in welchen die Entladung am anderen Pole (in unserem Falle also zwischen *C'D'* und *O'O'*) erfolgt.**

**Also auch in dieser Beziehung liefert der Apparat eine treue Nachbildung der Erscheinungen, welche das Nordlicht begleiten.**

**Eine Schwierigkeit, welche der De la Rive'schen Theorie des Nordlichts entgegentritt, kann jedoch nicht unerwähnt bleiben. Nach De la Rive ist das Meer überall positiv elektrisch; da nun aber die Erdpole, namentlich aber der Südpol der Erde ringsum vom Meere umgeben ist, so ist nicht einzusehen, wie die negative Elektricität überall ungehindert den Polarregionen zuströmen kann. Da jedoch die fragliche Theorie sonst so viel Wahrscheinlichkeit hat, so lässt sich hoffen, dass es bald gelingen wird, auch diese Schwierigkeit zu heben.**

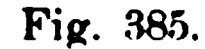


Fig. 385.



# ALPHABETISCHES INHALTSVERZEICHNISS.

## A.



## B.

Seite

## O.



## P.



## Q.



## R.

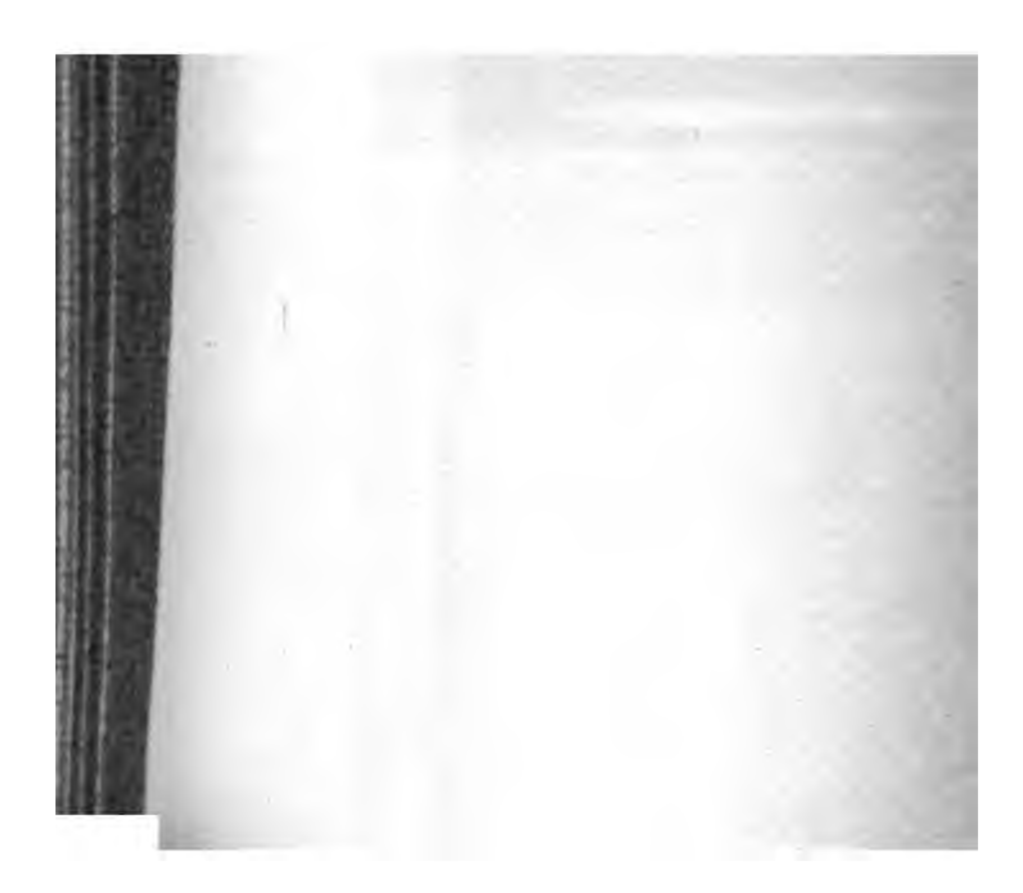
## Z.

## Berichtigung.

Die Gleichung 3 am Schlusse der Seite 256 soll **heissen:**

$$G = h \frac{M}{R^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad [illegible]$$

Auf Seite 455 Zeile 22 von unten ist zu lesen: **XVIII a** und XIX a, [illegible] XVIII und XIX.





**Tab. 3.**

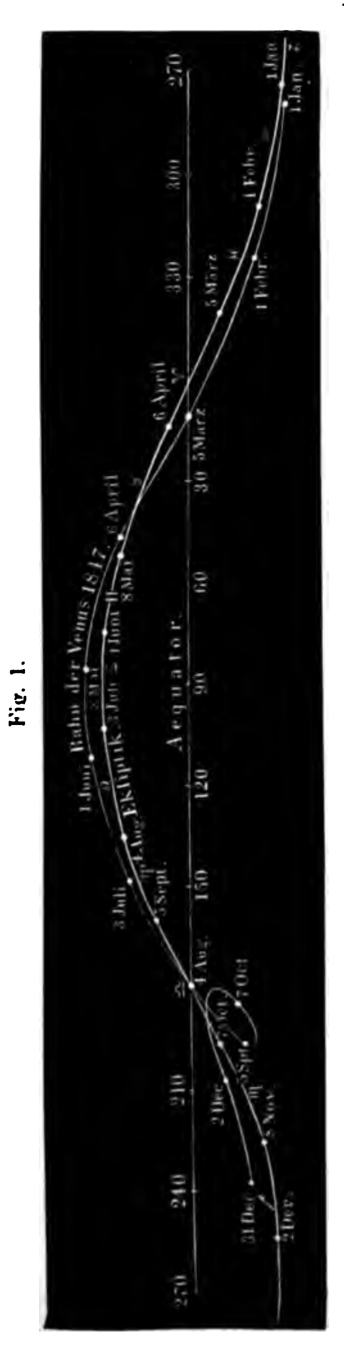


Fig. 1.

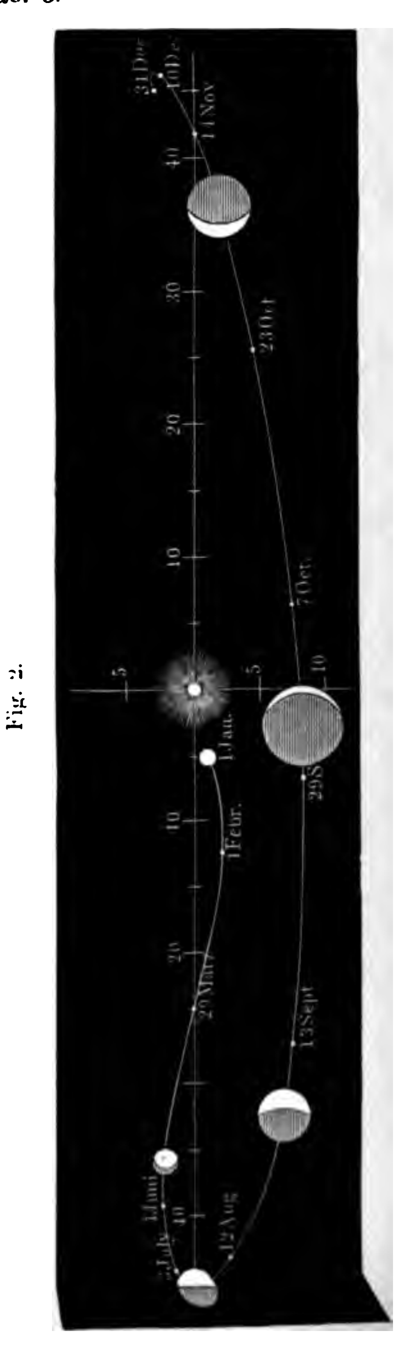
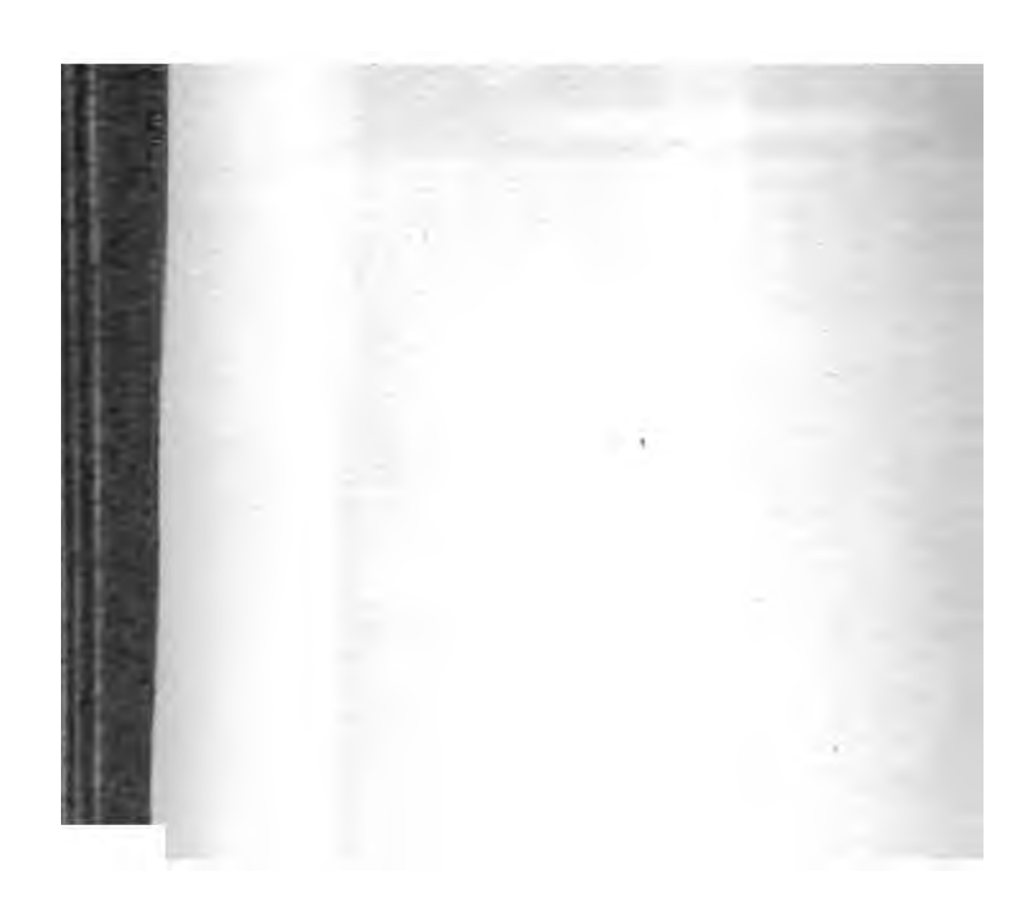
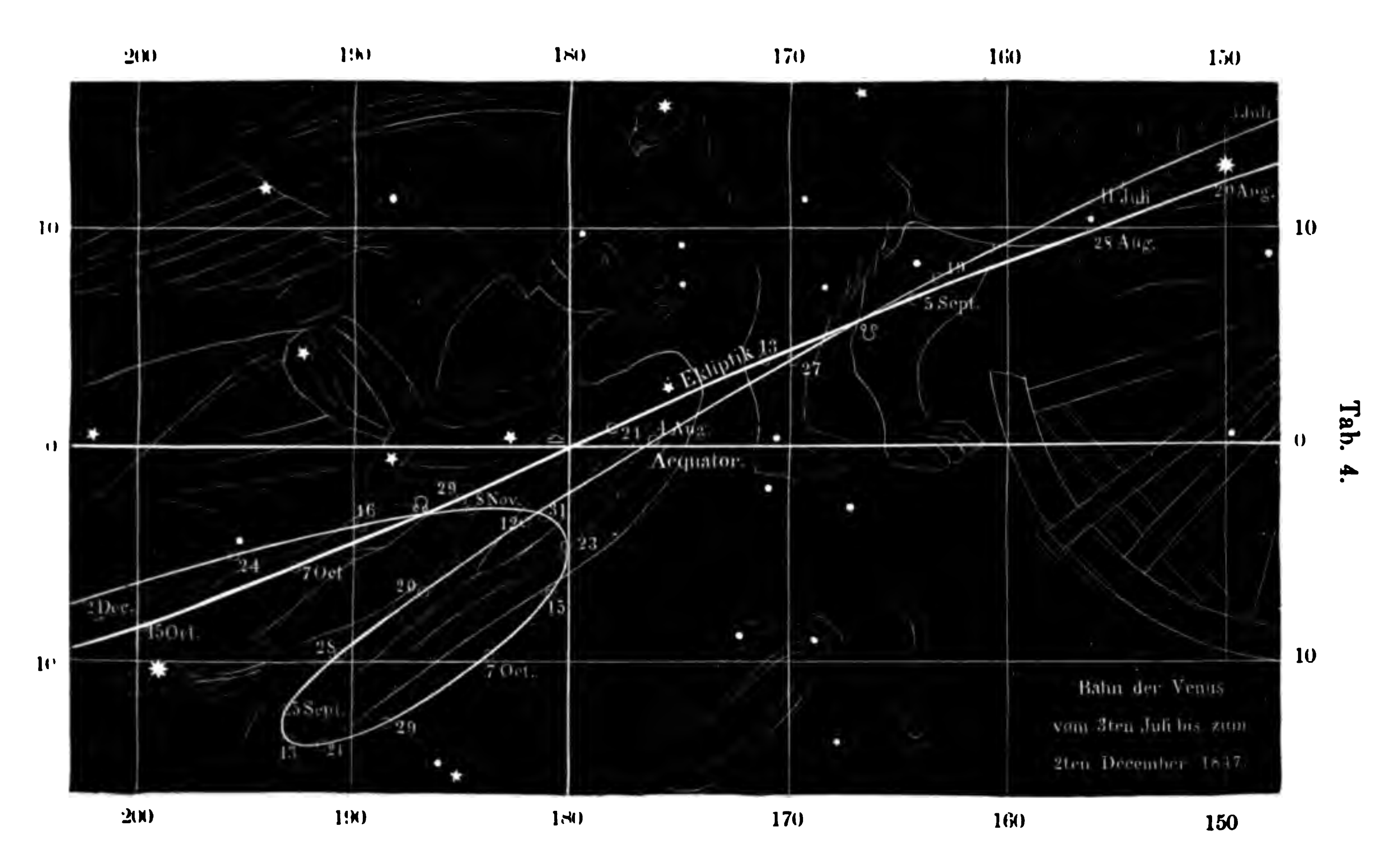
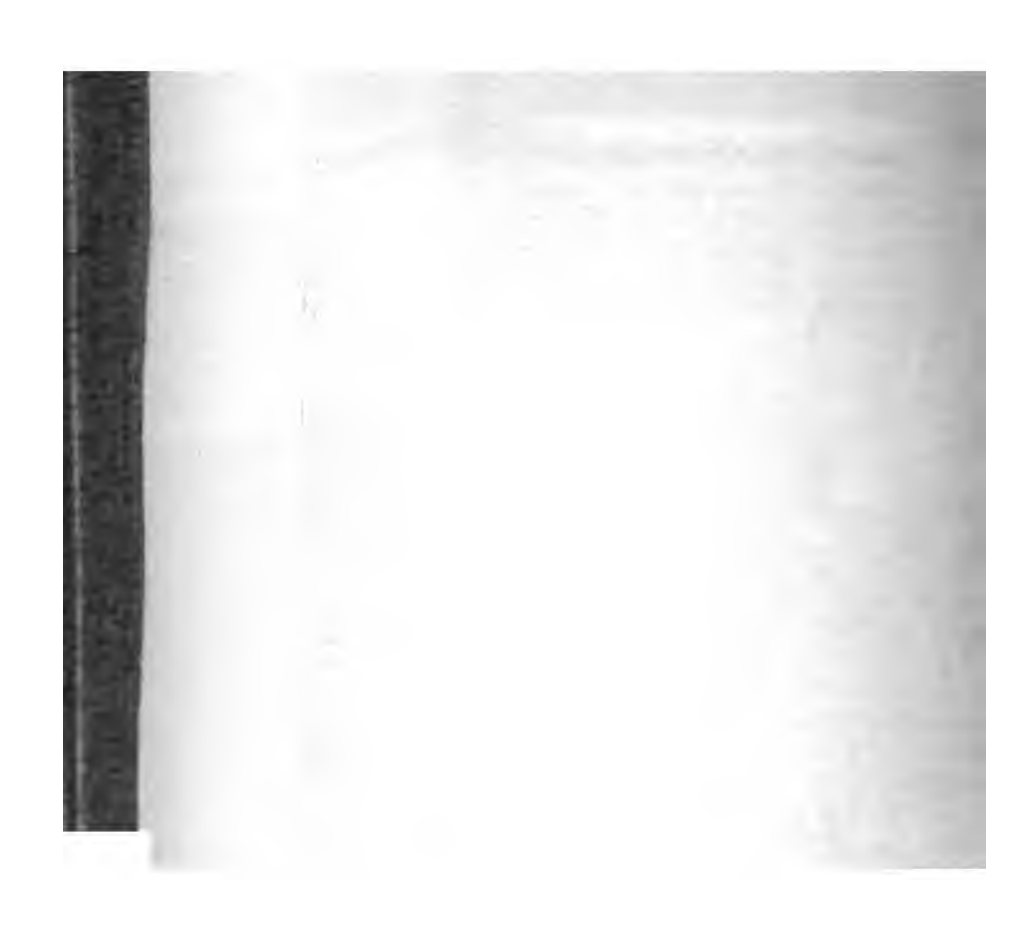


Fig. 2.



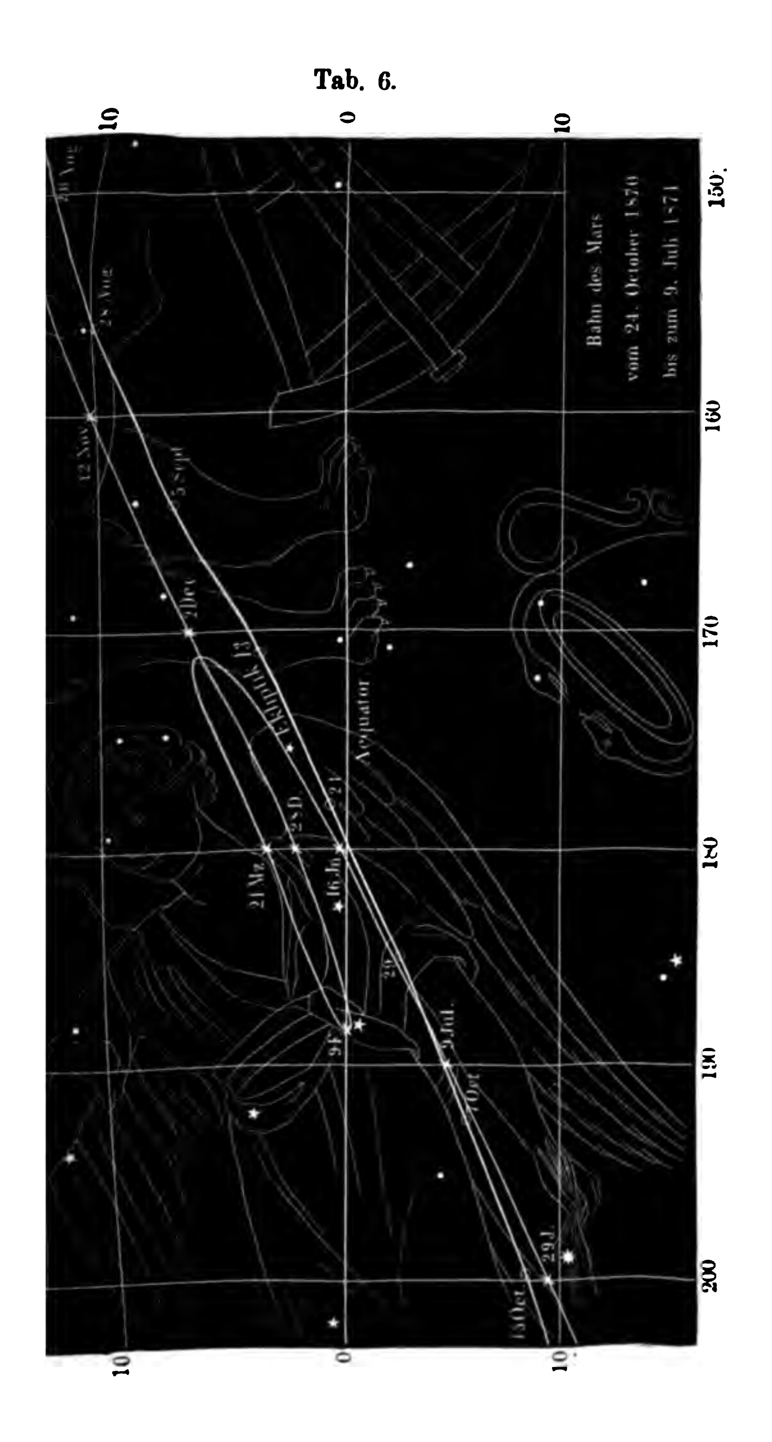
Tab. 4.


200
190
180
170
160
150
10
0
10
Ekliptik 13
Aequator.
11 Juli
29 Aug.
28 Aug.
5 Sept.
27
21
1 Aug.
29
8 Nov.
16
12
31
23
24
7 Oct
2 Dec.
15 Oct.
29
15
28
7 Oct.
25 Sept.
29
13
21
Bahn der Venus
vom 3ten Juli bis zum
2ten December





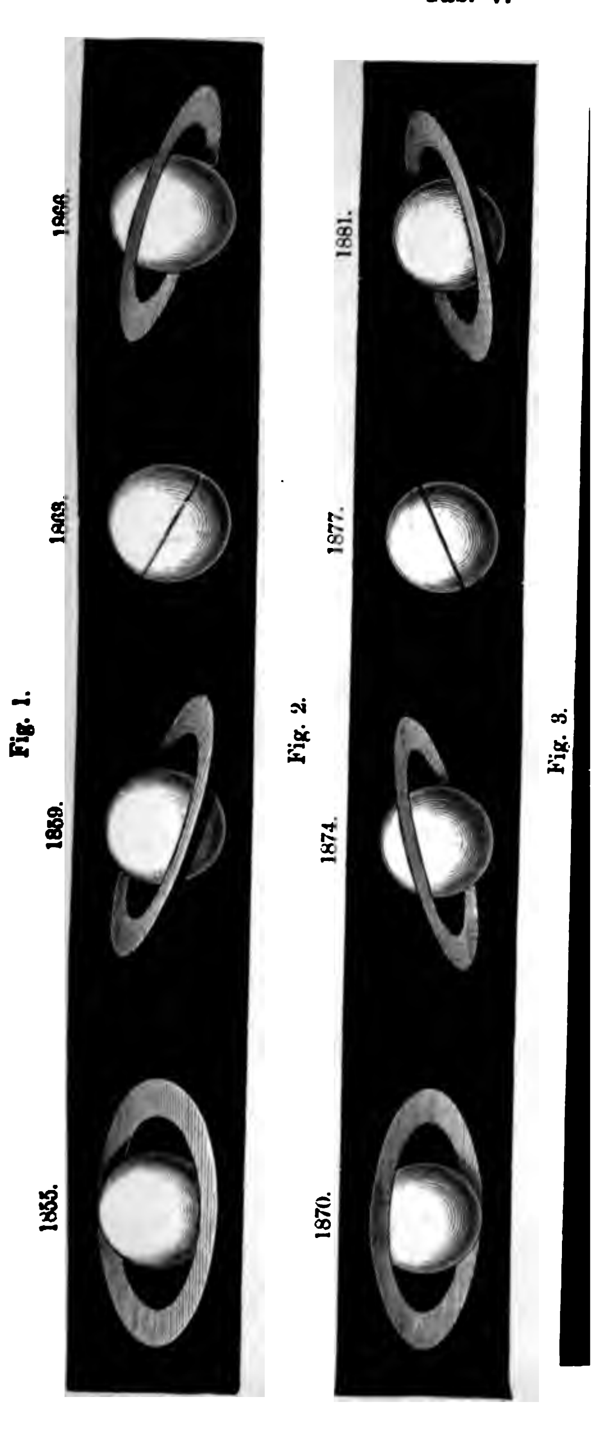
**Tab. 6.**



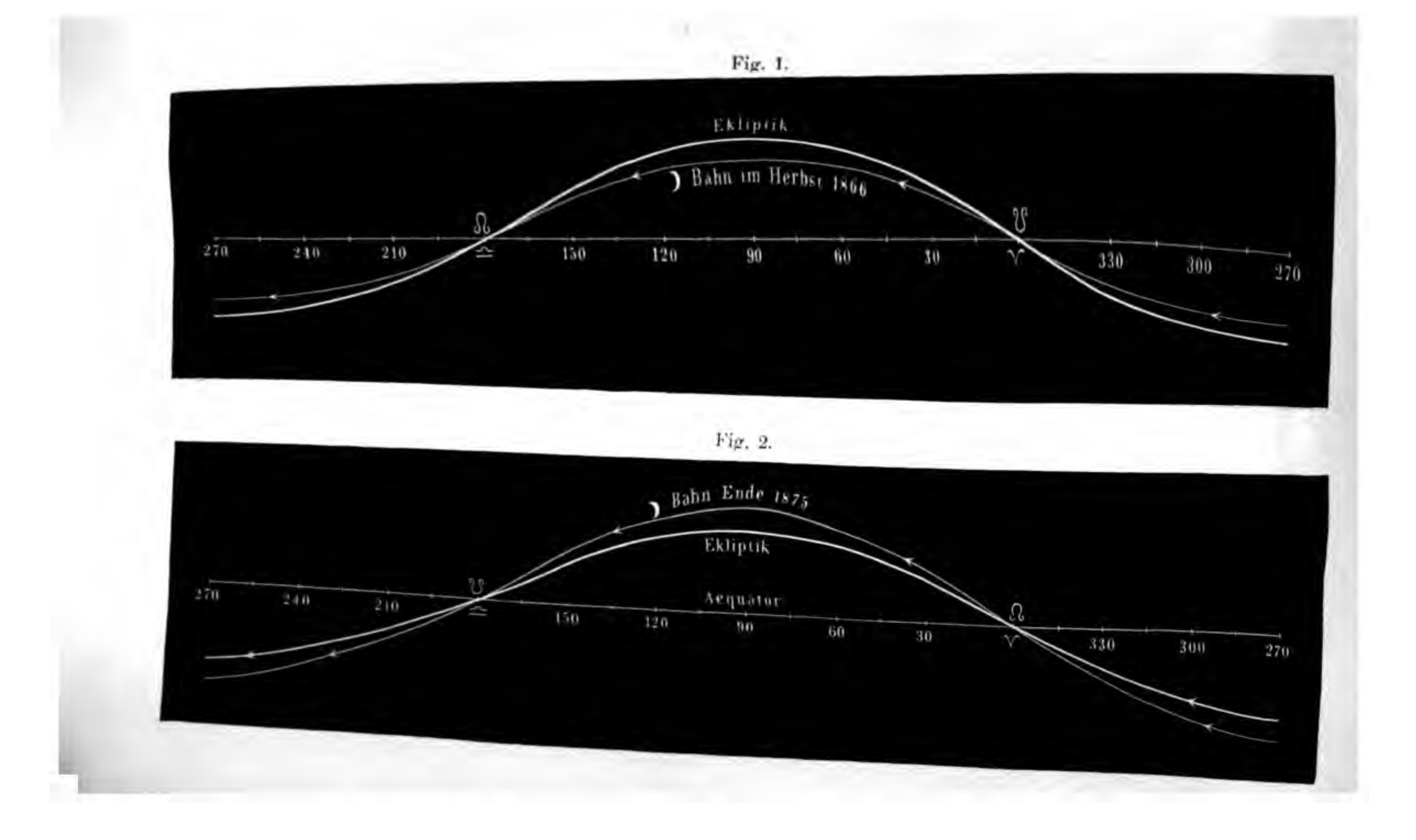
Bahn des Mars
vom 24. October 1870
bis zum 9. Juli 1871
Ekliptik
Aequator
10
0
10
150
160
170
180
190
200

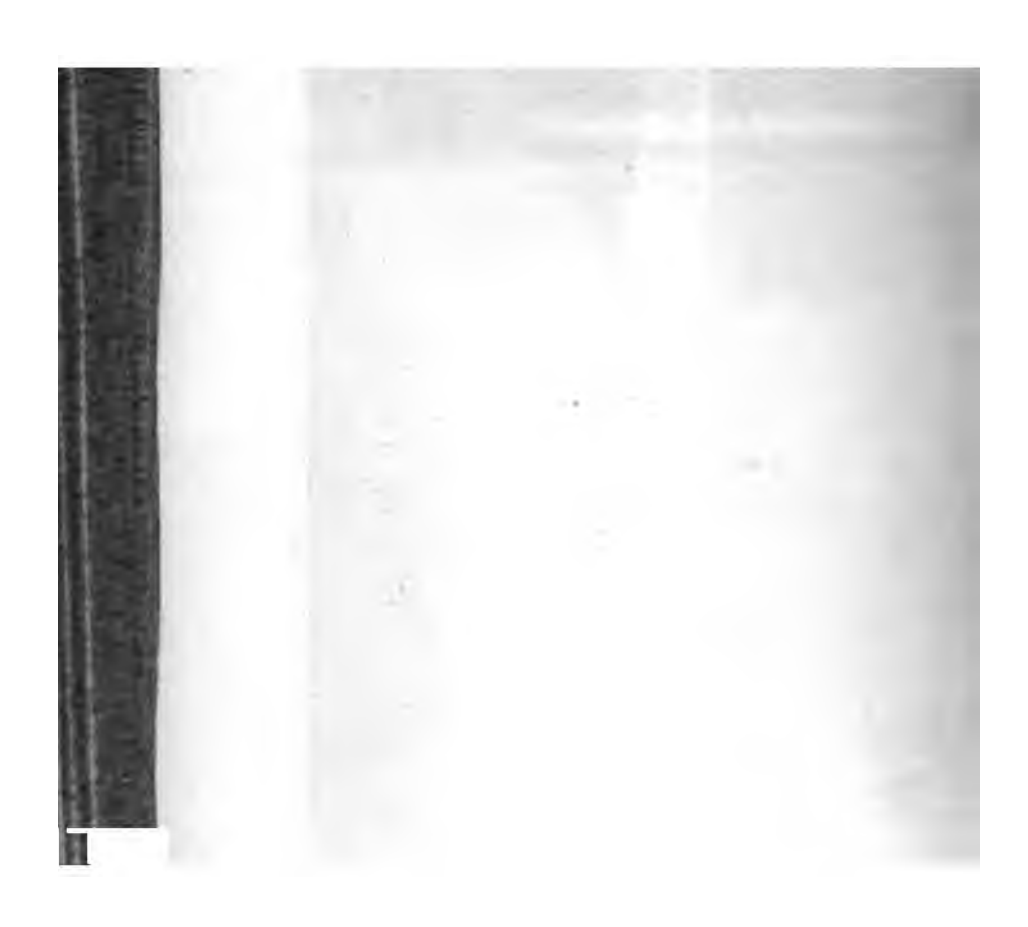


Tab. 7.






Fig. 1.
Ekliptik
☽ Bahn im Herbst 1866
☊
☋
270
240
210
♎
150
120
90
60
30
♈
330
300
270
Fig. 2.
☽ Bahn Ende 1875
Ekliptik
Aequator
☋
☊
270
240
210
♎
150
120
90
60
30
♈
330
300
270






F. Zöllner del.

Bach Leipzig

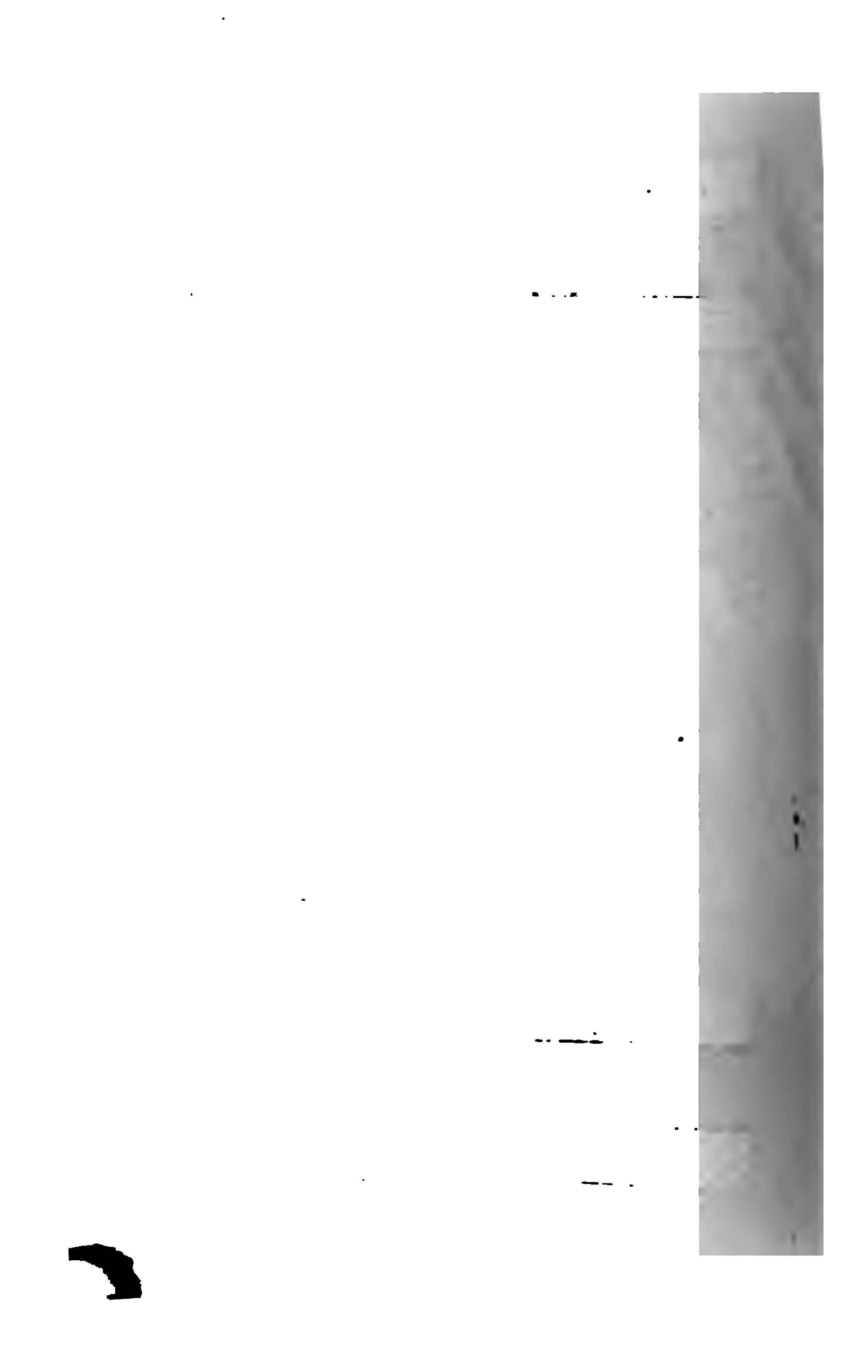
Geographische Meilen

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15000

Fig. 1.
Position 160°
Zeit $10^h\ 22^m$

1869 August 29

Fig. 2
Dieselbe Protuberanz:
Zeit $11^h\ 20^m$



Tab. 11.

Fig. 1.

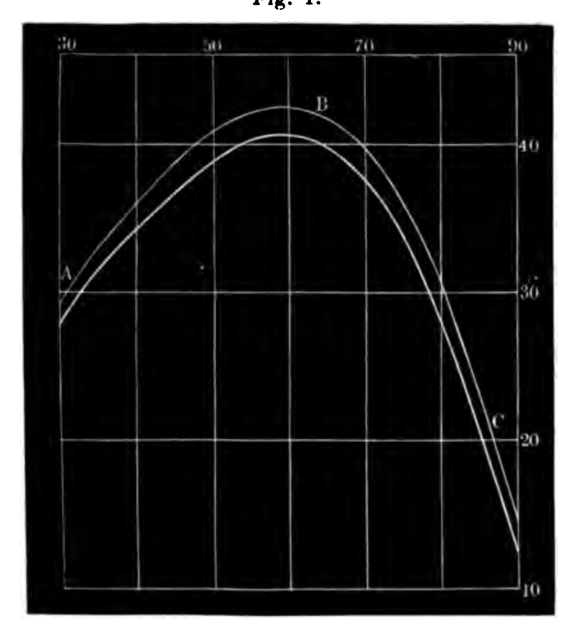
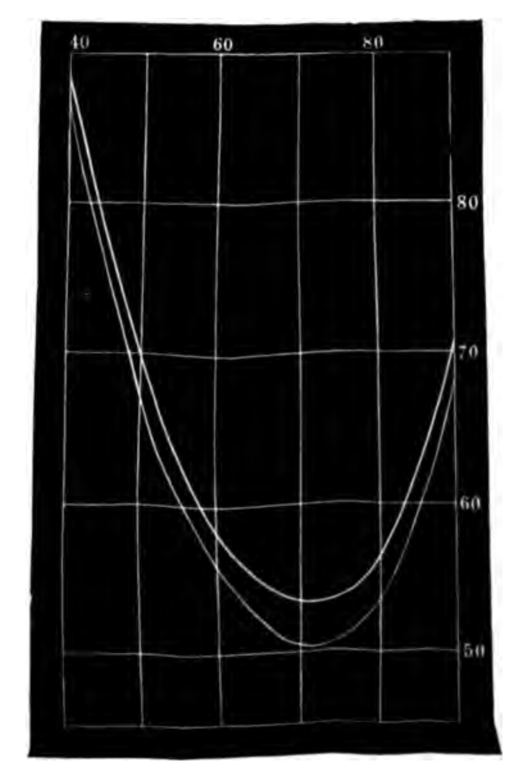



Fig. 2.





Tab. 12.

Fig. 1.

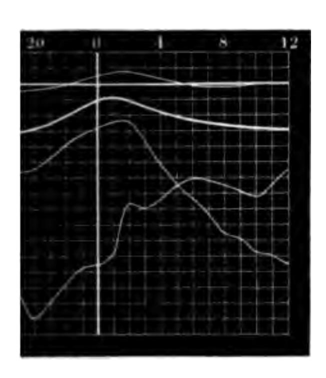



Fig. 2.

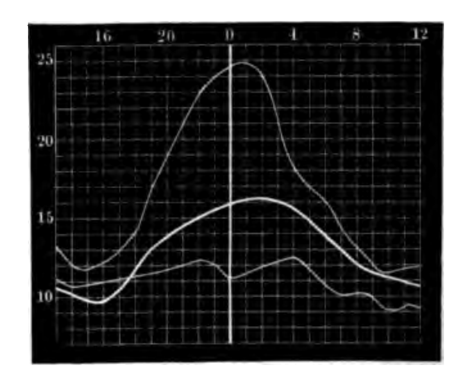



Fig. 3.

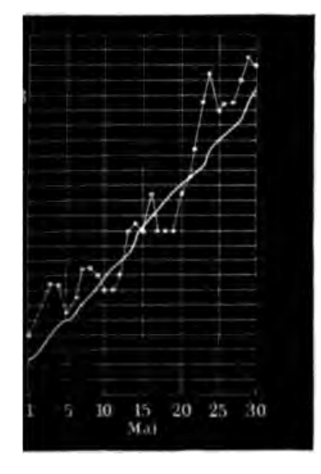
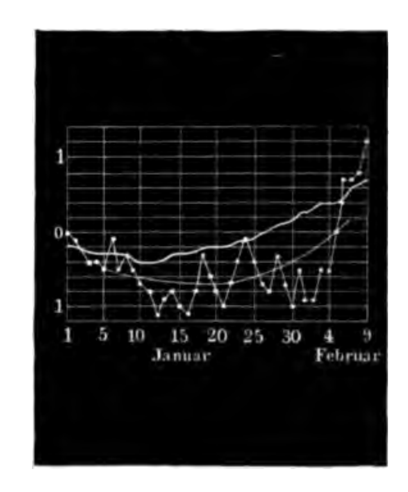
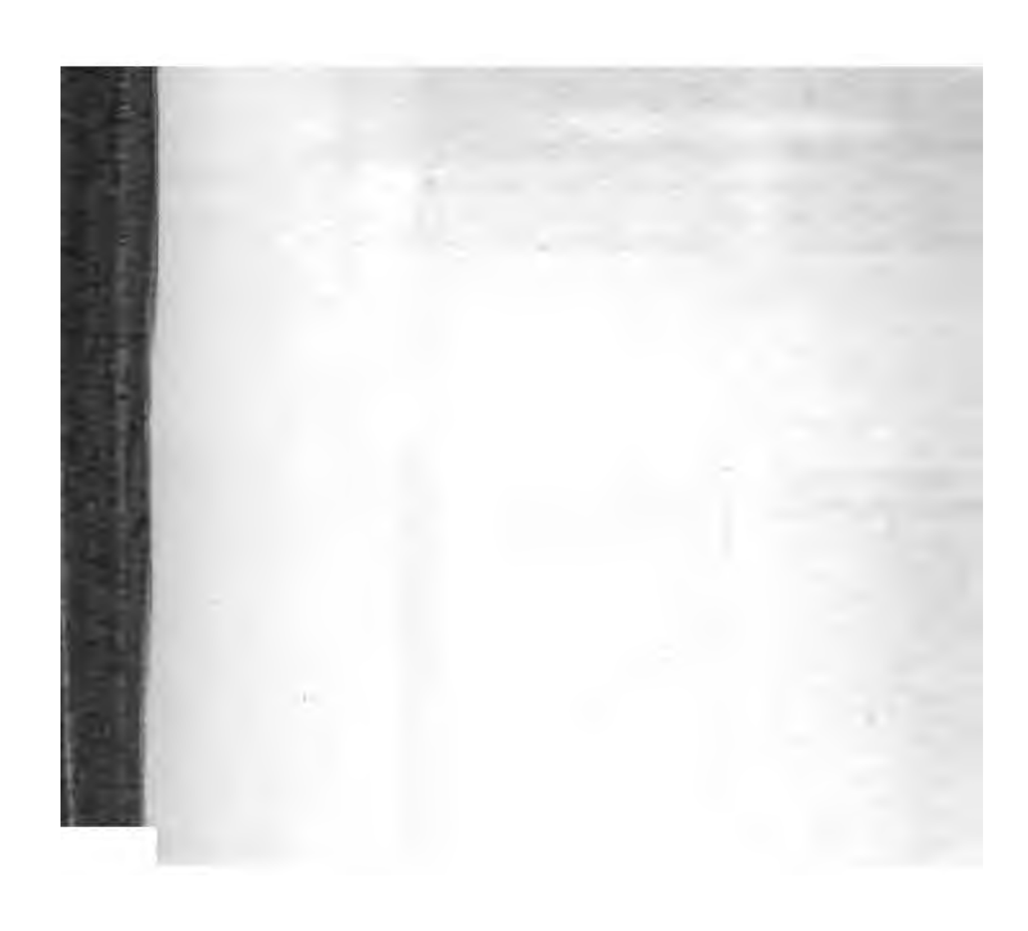
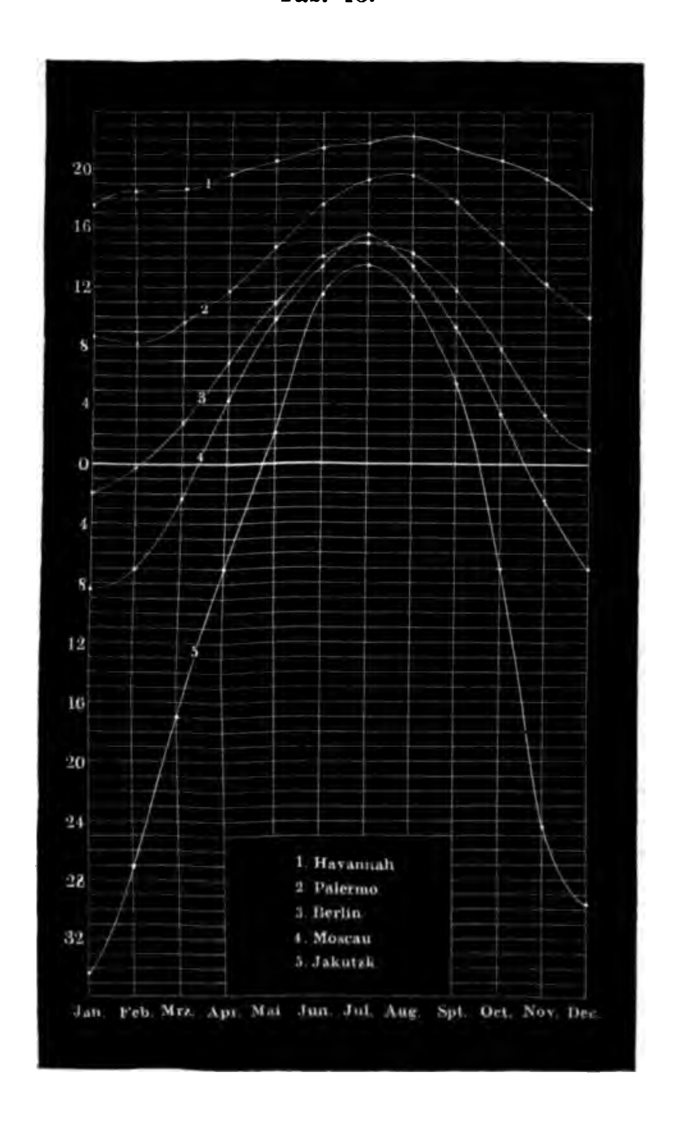



Fig. 4.





**Tab. 13.**



20
16
12
8
4
0
4
8
12
16
20
24
28
32
1
2
3
4
5
1. Havannah
2. Palermo
3. Berlin
4. Moscau
5. Jakutzk
Jan. Feb. Mrz. Apr. Mai Jun. Jul. Aug. Spt. Oct. Nov. Dec.



Tab. 14.

Fig. 1.




Fig. 2.

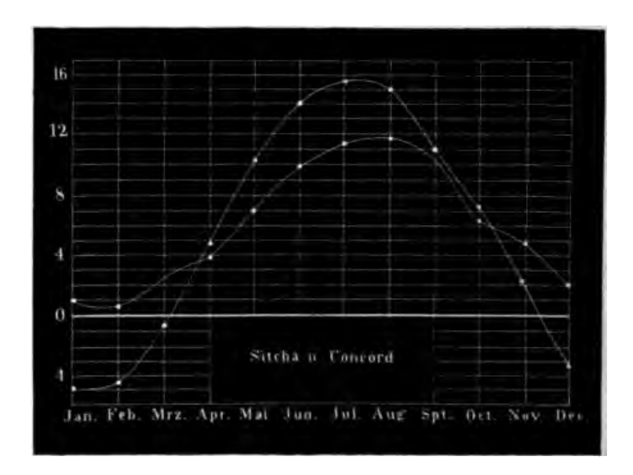



Fig. 3.

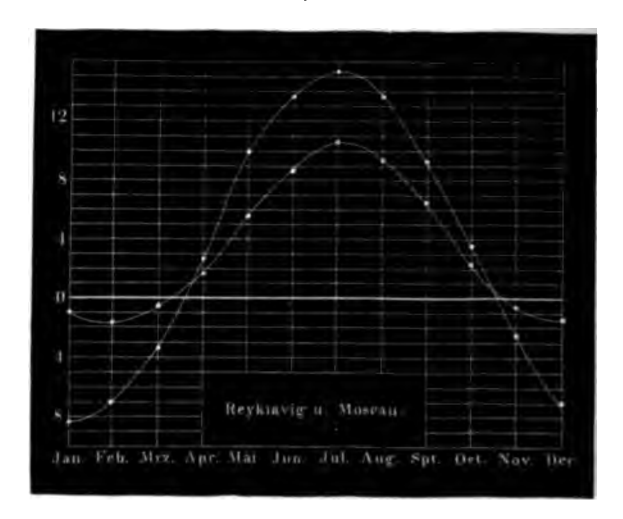




Fig. 1.



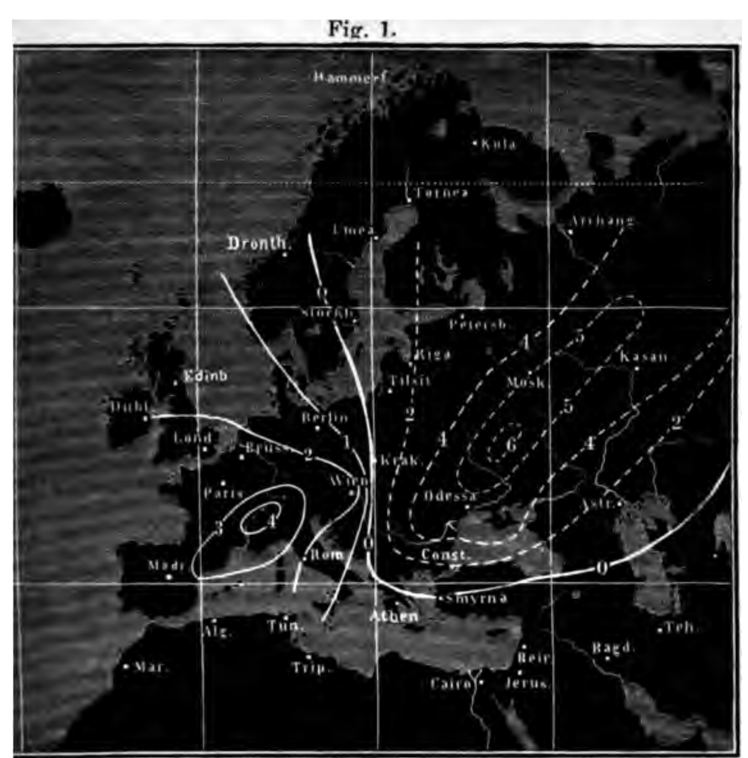

December 1829 ——— zu kalt - - - - - - zu warm.

Fig. 2.



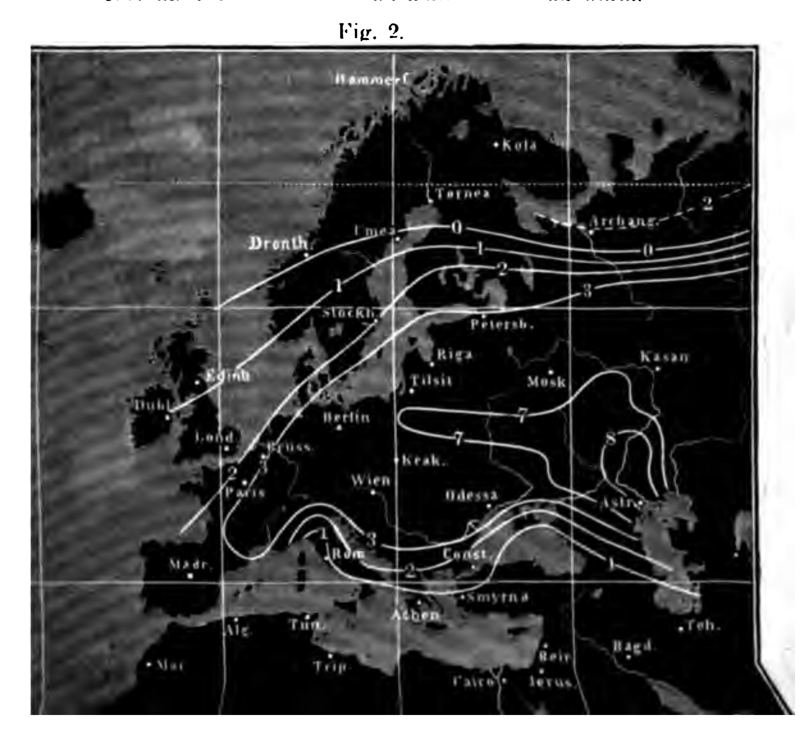


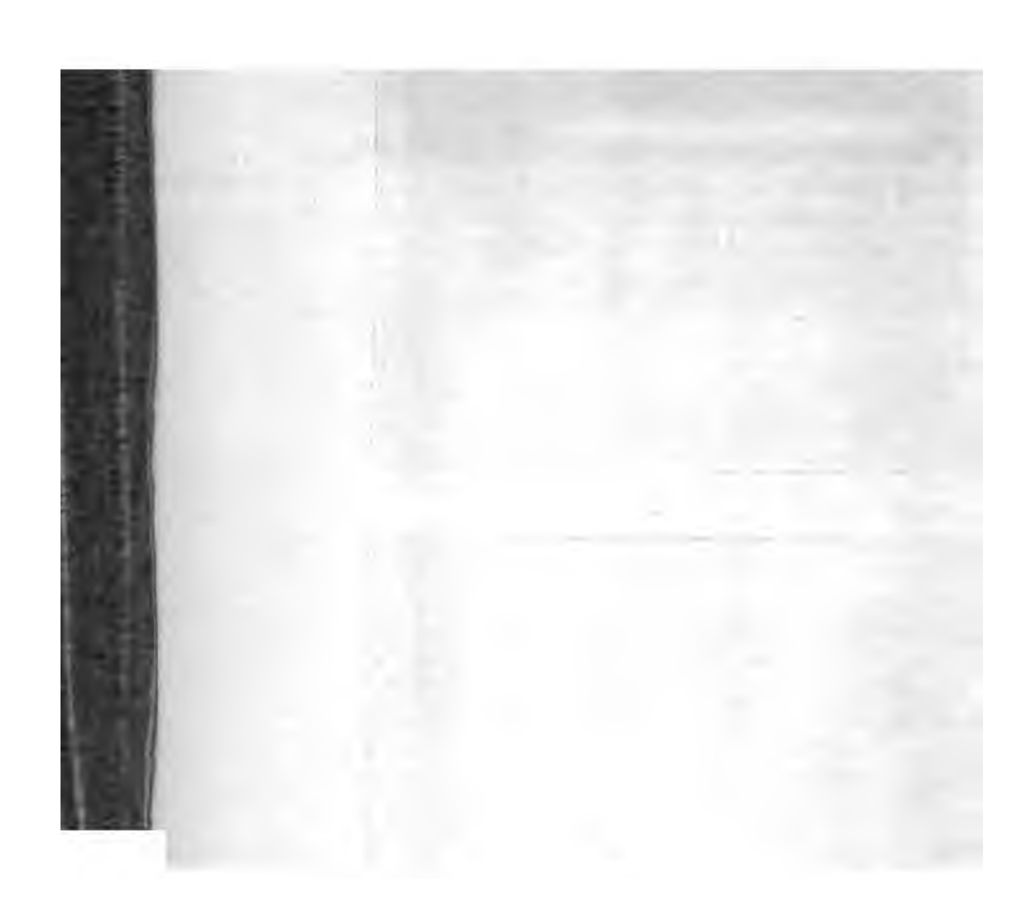
Fig. 1.



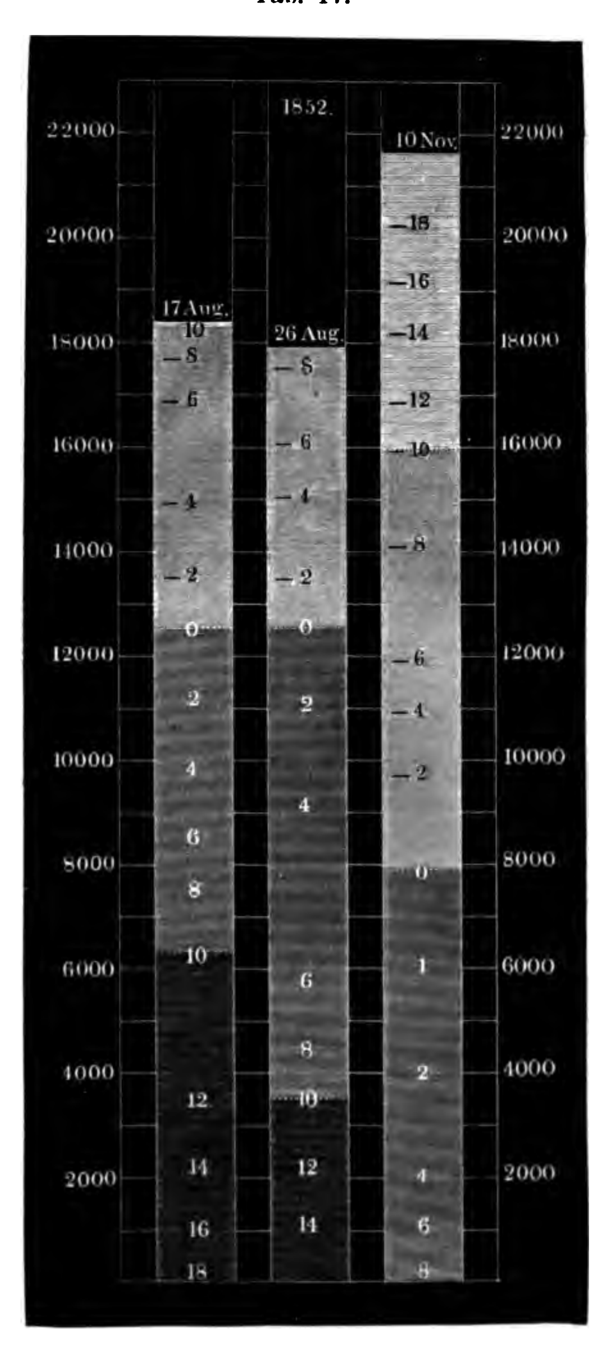

November 1851. ——— zu kalt. - - - - - zu warm.

Fig. 2.





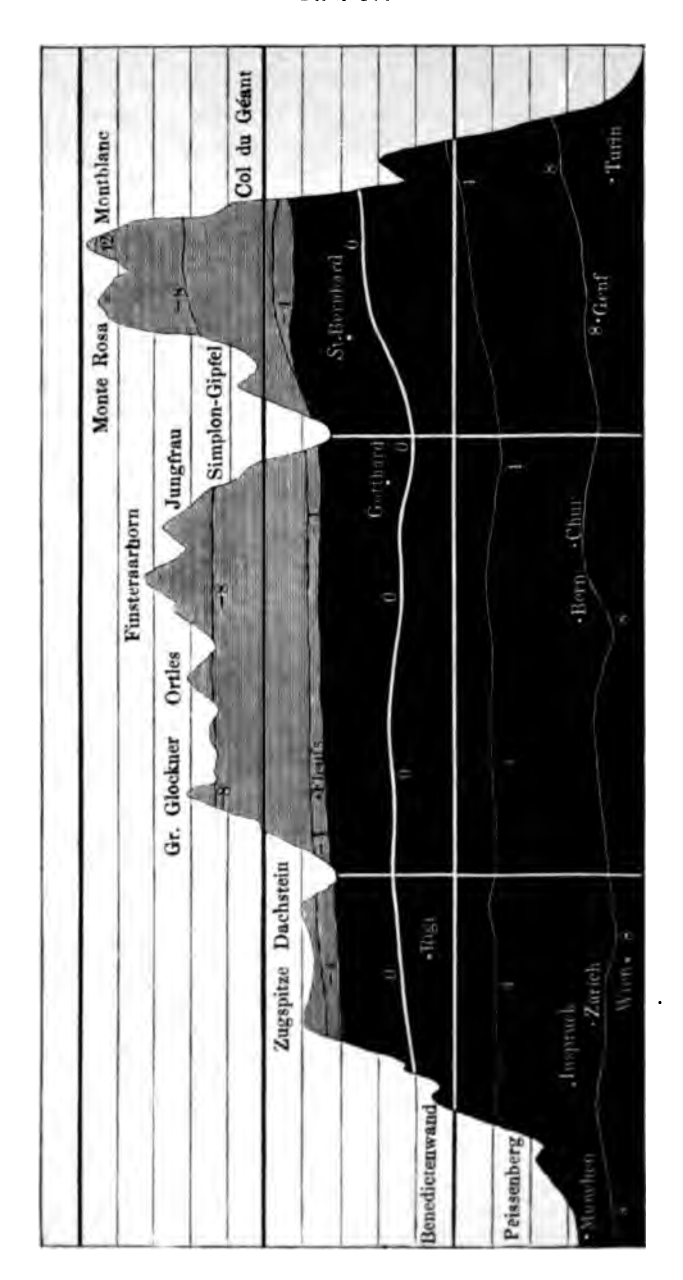
Tab. 17.



1852.
17 Aug.
26 Aug.
10 Nov.
22000
20000
18000
16000
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000



Tab. 18.



Montblanc
Monte Rosa
Finsteraarhorn
Jungfrau
Simplon-Gipfel
Col du Géant
Gr. Glockner
Ortles
Zugspitze
Dachstein
Benedictenwand
Peissenberg
St. Bernhard
Gotthard
Turin
Genf
Bern
Chur
Zurich
Wien
München



## Tab. 19.

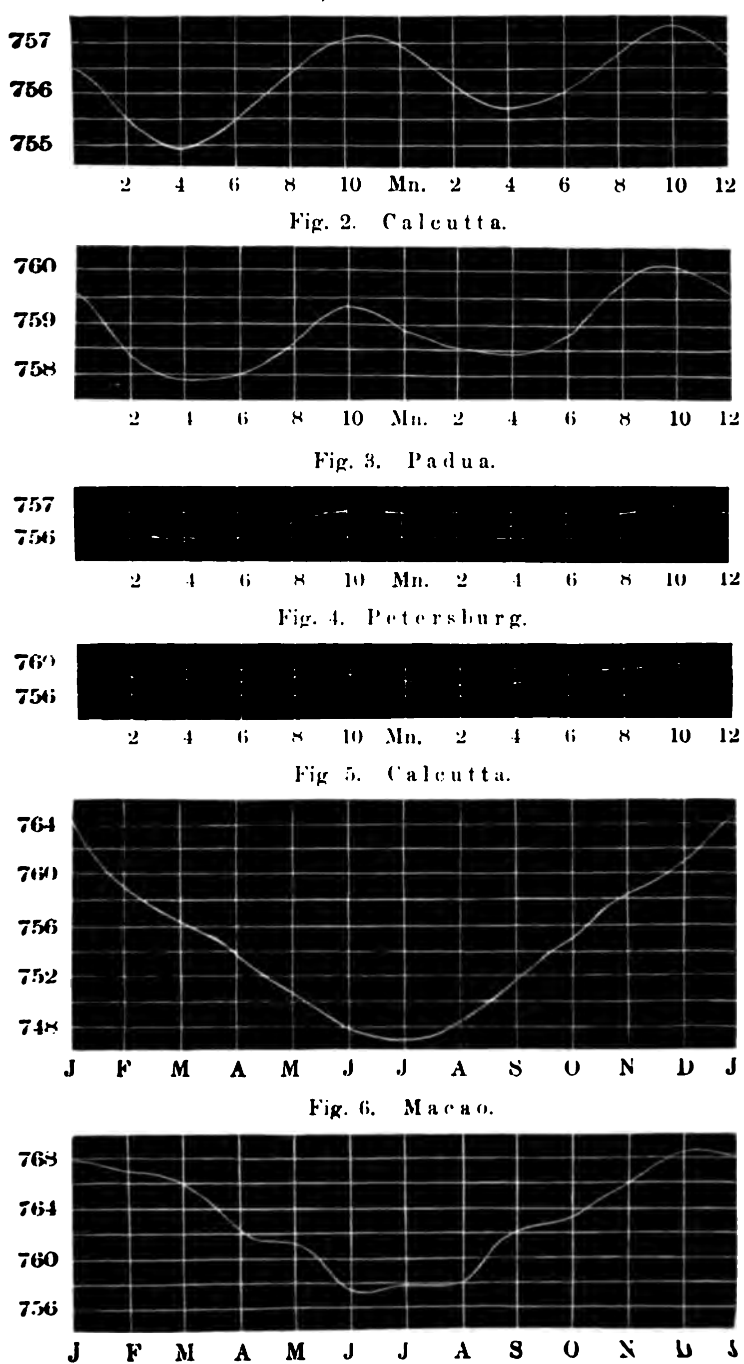


Fig. 1. Cumana.
757
756
755
2 4 6 8 10 Mn. 2 4 6 8 10 12
Fig. 2. Calcutta.
760
759
758
2 4 6 8 10 Mn. 2 4 6 8 10 12
Fig. 3. Padua.
757
756
2 4 6 8 10 Mn. 2 4 6 8 10 12
Fig. 4. Petersburg.
756
2 4 6 8 10 Mn. 2 4 6 8 10 12
Fig. 5. Calcutta.
764
760
756
752
748
J F M A M J J A S O N D J
Fig. 6. Macao.
768
764
760
756
J F M A M J J A S O N D J



Tab. 20.

Fig. 1. Paris.

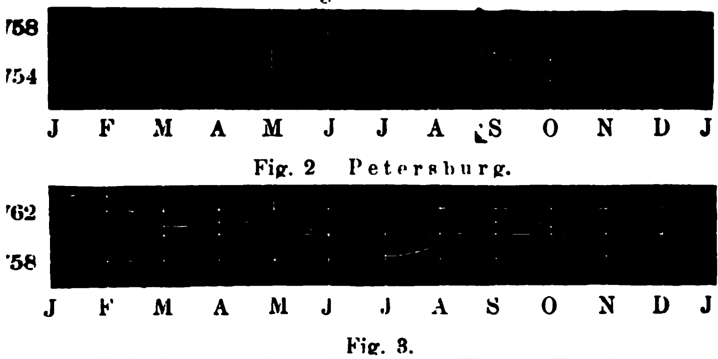
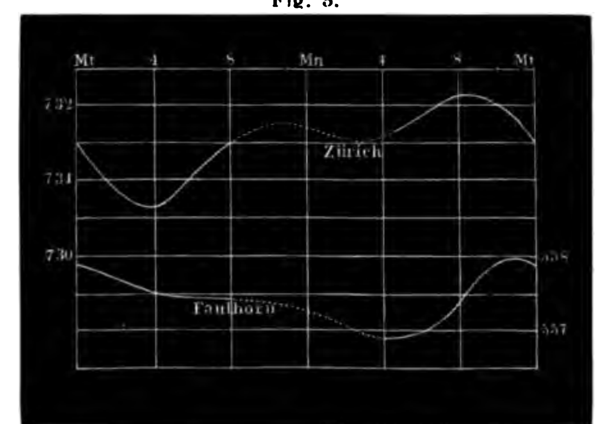



Fig. 2 Petersburg.



Fig. 3.



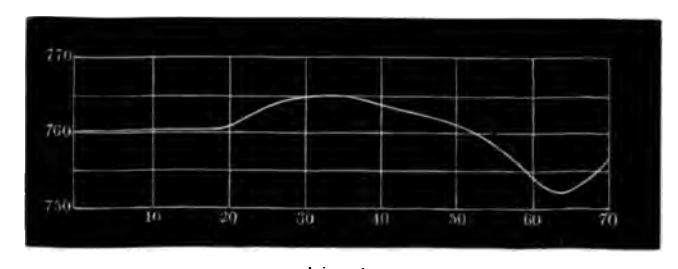
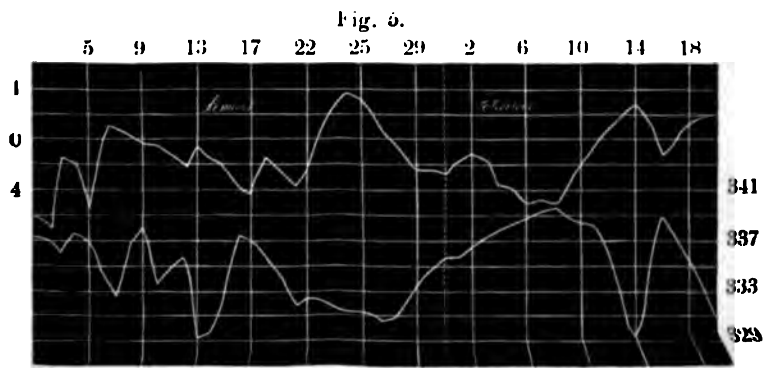
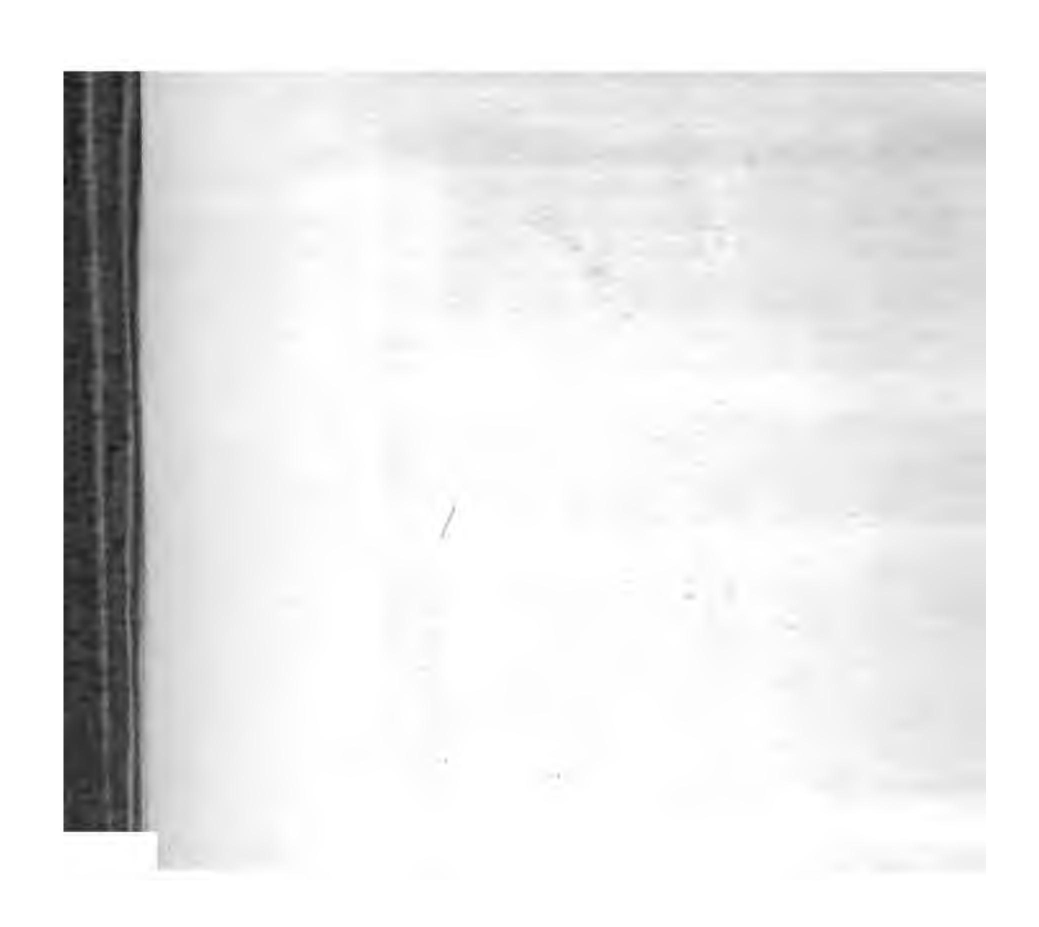



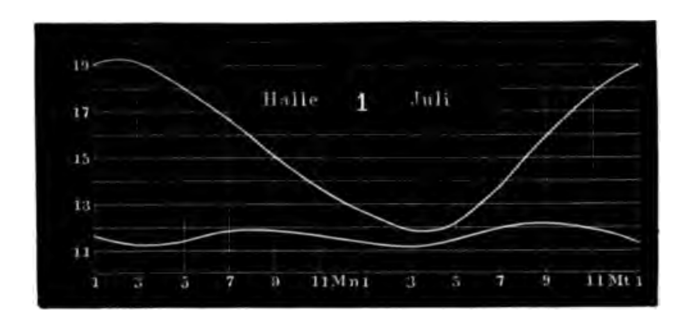

Fig. 5.

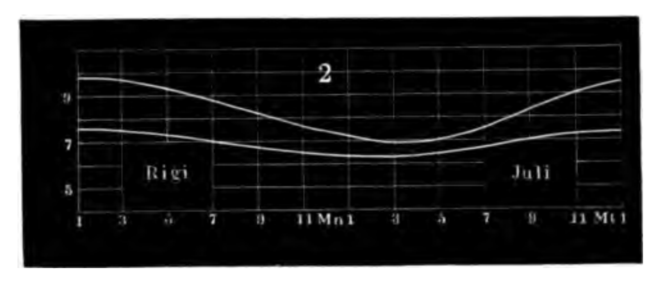


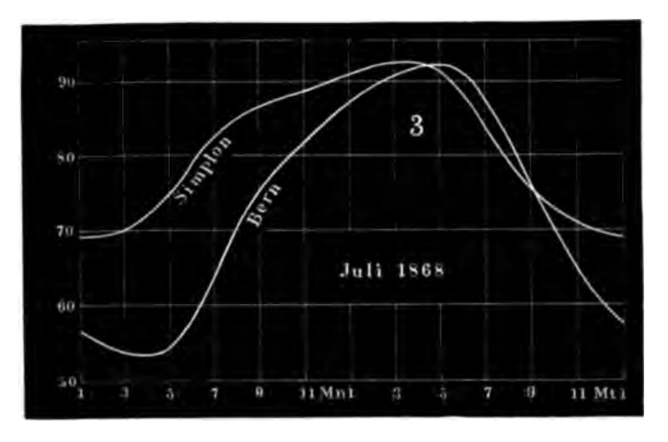


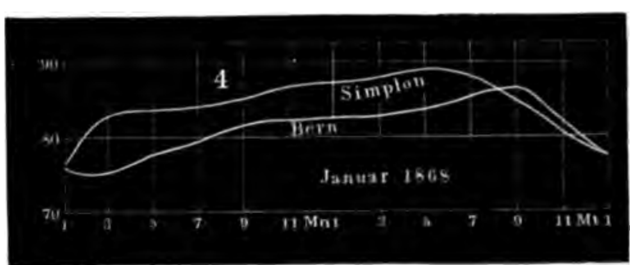
# Atmosphärische Feuchtigkeit.

Tab. 21.



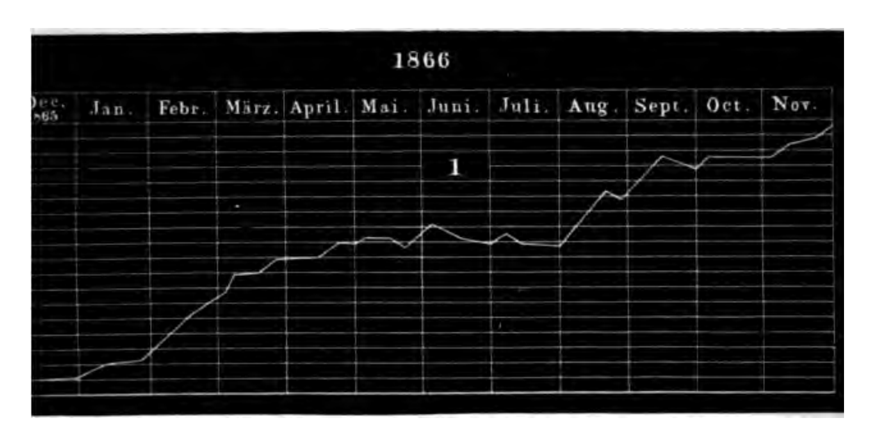



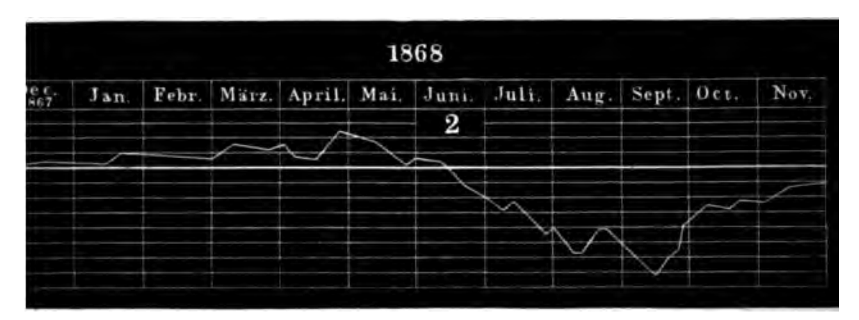



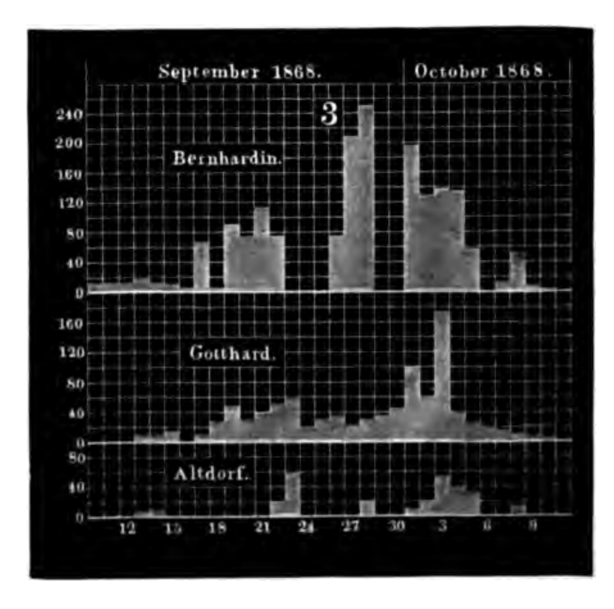





Tab. 22.


1866
Dec. 1865
Jan.
Febr.
März.
April.
Mai.
Juni.
Juli.
Aug.
Sept.
Oct.
Nov.
1


1868
Dec. 1867
Jan.
Febr.
März.
April.
Mai.
Juni.
Juli.
Aug.
Sept.
Oct.
Nov.
2


September 1868.
October 1868.
3
Bernhardin.
Gotthard.
Altdorf.
240
200
160
120
80
40
0
12
15
18
21
24
27
30
3
6
9



**Tab. 23.**

Fig. 1.

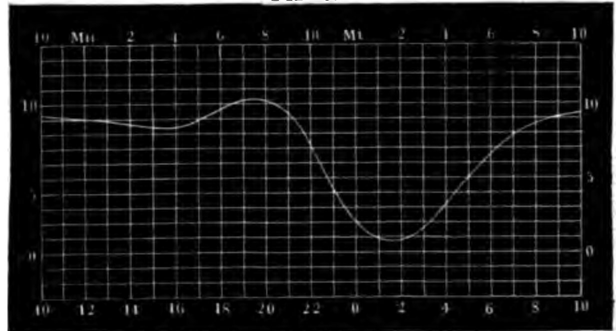
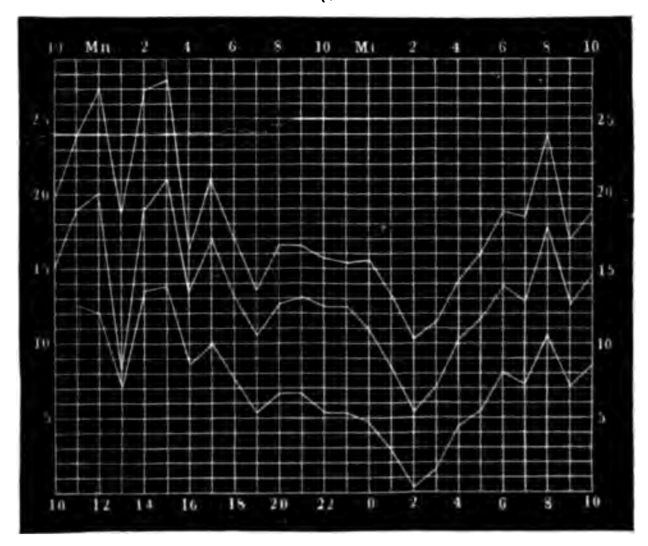
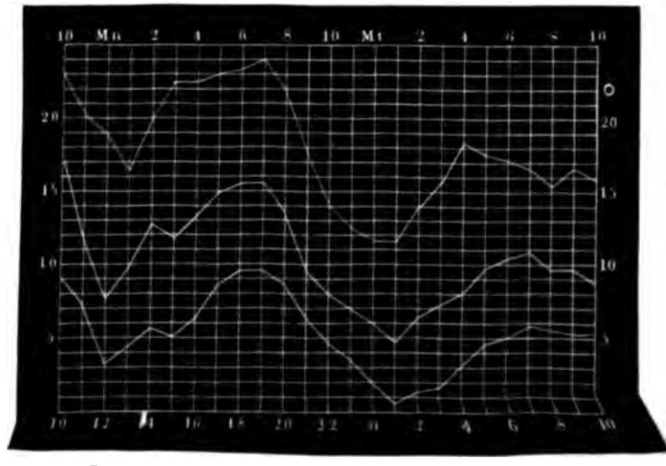


Fig. 2.



Terminsbeobachtungen vom 26. und 27. Februar 1841.

Fig. 3.

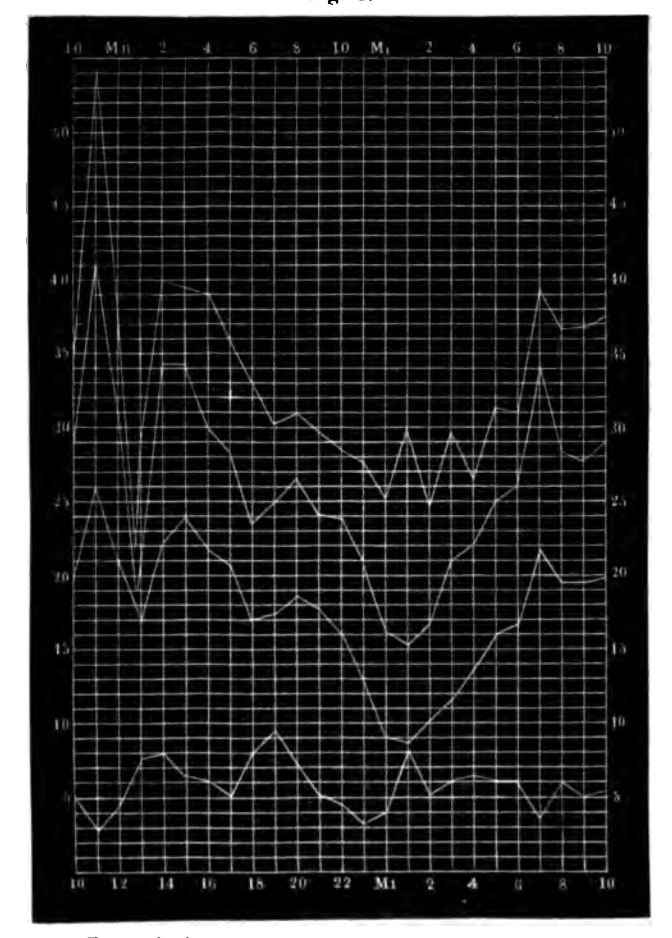


Terminsbeobachtungen vom 28. und 29. Mai. 1841.



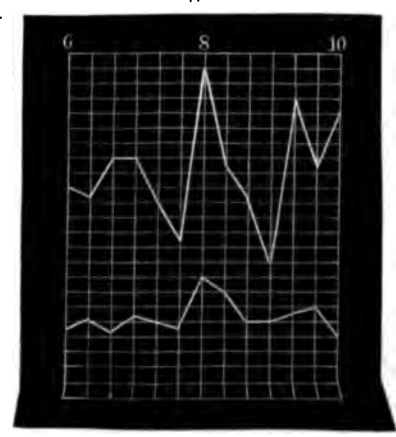
**Tab. 24.**

**Fig. 1.**




**Terminsbeobachtungen vom 27. und 28. August 1841.**

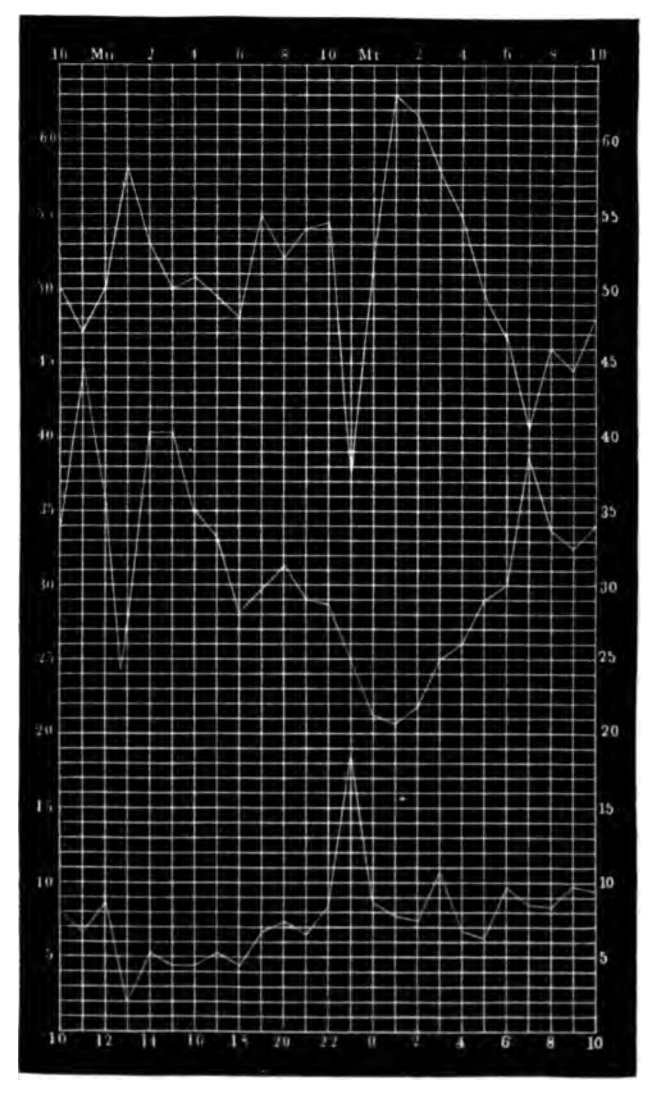
Fig 2.





Tab. 25

Fig. 1.




Terminsbeobachtungen vom 27. und 28. August 1841.

